



**TUGAS AKHIR - TF 145565**

# **RANCANG BANGUN BUCK CONVERTER DC-DC 320 V - 30 V**

Nur Fadila Supi'i  
10 51 15 000 00 018

Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Murry Raditya, S.T., M.T  
NIP. 1988201711055

PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - TF 145565**

## **RANCANG BANGUN BUCK CONVERTER DC-DC 320 V - 30 V**

Nur Fadila Supi'i  
10 51 15 000 00 018

Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Murry Raditya, S.T., M.T  
NIP. 1988201711055

PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT - TF 145565**

***DESIGN OF DC-DC 320 V - 30 V  
BUCK CONVERTER***

Nur Fadila Supi'i  
10 51 15 000 00 018

Supervisors :  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Murry Raditya, S.T., M.T  
NIP. 1988201711055

DIII PROGRAM OF INSTRUMENTATION TECHNOLOGY  
INSTRUMENTATION ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Vocation  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN BUCK CONVERTER  
DC-DC 320 V-30V**

**NUR FADILA SUP'I**  
**NRP 10 51 15 000 00 018**


Surabaya, 1 Agustus 2018

Dosen Pembimbing I



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

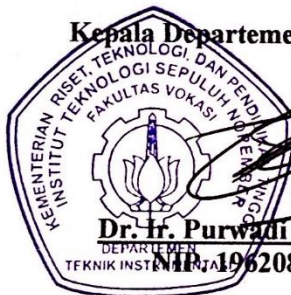
Dosen Pembimbing II



**Murry Raditya, S.T., M.T**  
**NIP. 1988 20171 1 055**

**Mengetahui,**

**Kepala Departemen Teknik Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN BUCK CONVERTER  
DC-DC 320 V-30V**

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NUR FADILA SUP'I**  
**NRP 10 51 15 000 00 018**

Disetujui Tim Penguji:

Tanggal Ujian: 20 Juli 2018

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc ..... (Pembimbing I)
2. Murry Raditya, S.T., M.T ..... (Pembimbing II)
3. Ir. Tutug Dhanardono, M.T ..... (Penguji)

**SURABAYA  
JULI, 2018**

## **RANCANG BANGUN BUCK CONVERTER DC-DC 320 V-30V**

**Nama** : Nur Fadila Supi'i  
**NRP** : 10 51 15 000 00 018  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi FV-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito,  
M.Sc  
**Dosen Pembimbing II** : Murry Raditya, S.T., M.T

### **ABSTRAK**

*Buck Converter dapat diaplikasikan sebagai safety system ketika suplai sumber utama, yaitu photovoltaic dan turbin angin pada smartroom tidak dapat mencukupi kebutuhan beban. Dari beberapa topologi konverter, konverter jenis buck dipilih karena konverter ini menghasilkan tegangan keluaran yang memiliki nilai maksimal sama dengan tegangan masukan. Selain itu, buck converter memiliki efisiensi yang tinggi dan riak pada tegangan keluaran yang rendah. Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan rancang bangun buck converter DC-DC 320 V menjadi 30 V, disesuaikan dengan kebutuhan proses selanjutnya yaitu proses summing. Selain itu akan dibahas respon Buck Converter dengan catu daya utama tegangan AC jala-jala listrik PLN satu fasa yang disearahkan yang meliputi tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, dan efisiensi. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan yang digunakan untuk mensuplai Buck Converter ini sebesar 320 Volt dengan variasi beban resistif, nilai induktansi dan duty cycle. Variasi beban resistif yang digunakan yaitu 100 $\Omega$ , 220  $\Omega$ , 470 $\Omega$ , 1k $\Omega$  dan 3k9 $\Omega$  dengan nilai induktansi yang digunakan 23,2mH dan 41,6mH. Efisiensi terbesar yang dihasilkan pada beban resistif 1k $\Omega$  dengan tegangan masukan 320 V dan tegangan keluaran 37 Volt lebar duty cycle 10% yaitu sebesar 88,125%.*

**Kata Kunci** : Buck converter, beban resistif, duty cycle.

## **DESIGN OF DC-DC 320 V – 30 V BUCK CONVERTER**

**Nama** : Nur Fadila Supi'i  
**NRP** : 10 51 15 000 00 018  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi FV-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito,  
M.Sc  
**Dosen Pembimbing II** : Murry Raditya, S.T., M.T

### **ABSTRACT**

*Buck Converter can be applied as a safety system when the main source of supply, namely photovoltaic and wind turbine at smartroom cannot fullfill the load needs. From some kind of converter, converter topology buck was chosen because it produces a voltage converter that has the maximum value equal to the input voltage. In addition, buck converter has high efficiency and ripple on the output voltage is low. In this final project will dilakukan architecture buck DC-DC converter 320 V to 30 V, tailored to the needs of the next process, namely the process of summing. In addition, it will be discussed the response of Buck Converter with main power supply voltage AC electrical nets-nets PLN disearahkan phase one which includes the input voltage, input current, output voltage, output current, and efficiency. Based on the test results, which are used to supply voltage Buck Converter of 320 resistive load variations with Volt, the value of the inductance and the duty cycle. Resistive load variations used i.e. 100  $\Omega$ ,  $\Omega$  220, 470  $\Omega$ , 1k $\Omega$  and 3k9 $\Omega$  with the value of the inductance used 23, 2mH, 6mH and 41. The greatest efficiency resulting in a load of 1k $\Omega$  resistive with 320 V input voltage and output voltage 37 Volts wide duty cycle 10% i.e. of 88.125%.*

**Keywords** : Buck converter, resistive load, duty cycle.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan kasih sayang-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul :

### **“Rancang Bangun Buck Converter DC-DC 320V-30V”**

dapat terselesaikan.

Selama melakukan dan menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dan bimbingan baik secara moril dan fisik dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua, adik (Dimas Pamungkas Syafi'i) dan semua keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan dan doa selama menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, atas segala bimbingannya, kerja sama, nasehat, dan bantuannya selama ini.
4. Murry Radyta, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, atas segala bimbingannya, kerja sama, nasehat, dan bantuannya selama ini.
5. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc., selaku Kepala Departemen Teknologi Instrumentasi, Fakultas Vokasi-ITS.
6. Ir. Jerri Susatio, M.T., selaku dosen wali
7. Bapak/Ibu dosen yang telah menjadi media transfer ilmu sehingga kami dapat merampungkan jenjang perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Seluruh staf pegawai Teknik Instrumentasi atas semua bentuk kerja samanya selama masa kuliah.

9. Team Summing yang telah banyak membantu dan memberikan motivasi serta dukungan baik moril maupun fisik yaitu Denny Alfani, M. Adil Farasszaky, Fitria Dayanti, dan Dimas Agung Pambudi.
10. Arsa, Mas Indra, dan Mas Musa, atas segala bantuan dan ilmunya sehingga menambah wawasan saya dalam mengerjakan alat Tugas Akhir.
11. Teman – teman team smartroom, atas dukungan dalam mengerjakan Tugas Akhir.
12. Seluruh sahabatku dari angkatan 2015 atas segala waktu, kebersamaan, diskusi, motivasi, dan bantuannya.
13. Seluruh teman-teman dan segala pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu terima kasih atas segala bantuannya

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan sebagai bahan referensi. Akhir kata, penulis mengucapkan mohon maaf atas setiap kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 20 Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Permasalahan .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Rectifier .....	5
2.2. Buck Converter .....	9
2.3. Octocoupler .....	14
2.4. Pulse Width Modulation (PWM) .....	15
2.5. Rangkaian Totempole atau Totem-pole Drive Circuit 17	
2.6. Desain Induktor .....	18
2.7. Maximum Flux Density pada Induktor .....	21
2.8. Winding Area pada Desain Induktor .....	22
2.9. Winding Resistance pada Desain Induktor .....	23
2.10. The Core Geometrical Constant $K_g$ .....	24
2.11. Soft Starter .....	26
2.12. Miniature Circuit Breaker (MCB) .....	27
2.13. AVR ATmega128 .....	28
2.14. Genset (Generator Set) .....	29
2.15. SSR (Solite State Relay) .....	30
2.16. Komponen Pendukung Alat .....	31
2.10.1 MOSFET .....	31
2.10.2 Dioda .....	32
2.10.3 Induktor .....	34

2.10.4	Kapasitor .....	35
2.10.5	Resistor .....	37
<b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN</b>		
<b>PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK .....</b>		<b>38</b>
3.1	Perancangan Sistem .....	38
3.2	Perancangan dan Pembuatan Rectifier .....	42
3.3	Perancangan dan Pembuatan Buck Converter .....	47
3.4	Perancangan Rangkain Optocoupler dan Transistor Gate Driver .....	59
3.5	Perancangan dan Simulasi Seluruh Rangkaian pada Sistem Buck Converter .....	62
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA .....</b>		<b>64</b>
4.1.	Pengujian Rectifier.....	65
4.2.	Pengujian Buck Converter .....	70
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>81</b>
5.1.	Kesimpulan .....	81
5.2.	Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>83</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>		<b>84</b>
<b>LAMPIRAN B.....</b>		<b>91</b>
<b>LAMPIRAN C.....</b>		<b>96</b>
<b>LAMPIRAN D .....</b>		<b>97</b>
<b>LAMPIRAN E.....</b>		<b>99</b>
<b>LAMPIRAN F .....</b>		<b>101</b>
<b>LAMPIRAN G .....</b>		<b>103</b>
<b>LAMPIRAN H .....</b>		<b>104</b>
<b>LAMPIRAN I.....</b>		<b>106</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>108</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Half Wave Rectifier .....	6
Gambar 2 2 Full Wave Rectifier.....	6
Gambar 2 3 Sinyal Penyearah Gelombang Penuh .....	7
Gambar 2 4 Penyearah Jembatan (Bridge Rectifier).....	7
Gambar 2 5 Sinyal Output Smoothing Capacitor .....	8
Gambar 2 6 Topologi Buck Converter .....	14
Gambar 2 7 Optocoupler .....	15
Gambar 2 8 Rangkaian PWM.....	16
Gambar 2 9 Gelombang Pulsa Keluaran PWM .....	16
Gambar 2 10 Rangkaian Dasar Totempole .....	18
Gambar 2 11 Rangkaian Ekuivalen Inductor.....	19
Gambar 2 12 Bentuk Ekuivalen Inductor .....	20
Gambar 2 13 Rangkaian Ekuivalen Magnetik .....	20
Gambar 2 14 Winding Area .....	23
Gambar 2 15 Soft Starter.....	27
Gambar 2 16 Miniature Circuit Breaker (MCB).....	28
Gambar 2 17 Sistem Minimum ATmega128.....	29
Gambar 2 18 Solid State Relay .....	30
Gambar 2 19 Mosfet Dalam Kondisi Mati .....	32
Gambar 2 20 Mosfet Dalam Kondisi Hidup .....	32
Gambar 2 21 Simbol dan Struktur Diode .....	33
Gambar 2 22 Dioda Bias Maju.....	33
Gambar 2 23 Dioda Bias Mundur.....	34
Gambar 2 24 Simbol Induktor .....	35
Gambar 2 25 Simbol Kapasitor Non Elektrolit.....	36
Gambar 2 26 Simbol Kapasitor Elektrolit .....	36
Gambar 2 27 Jenis-Jenis Resistor .....	37
Gambar 3 1 Diagram Blok Keseluruhan Alat.....	38
Gambar 3 2 Flowchart Perancangan Sistem .....	39
Gambar 3 3 Diagram Blok Sistem Buck Converter.....	41
Gambar 3 4 Simulasi Rangkaian Penyearah.....	43
Gambar 3 5 Hardware Rectifier.....	47
Gambar 3 6 Mosfet IRFP 460 .....	48

Gambar 3 7 Diode 1N4007 .....	49
Gambar 3 8 Rangkaian Dasar Penyusun Buck Converter .....	50
Gambar 3 9 Simulasi Rangkaian Buck Converter .....	53
Gambar 3 10 Induktor Bentuk Toroid .....	57
Gambar 3 11 Hasil Uji Nilai Induktor Pada Percobaan 1 .....	57
Gambar 3 12 Hasil Uji Nilai Induktor Pada Percobaan 2 .....	58
Gambar 3 13 Hardware Rangkaian Buck Converter .....	59
Gambar 3 14 Simulasi Rangkaian Octocoupler .....	59
Gambar 3 15 Simulasi Rangkaian Gate Driver Mosfet .....	60
Gambar 3 16 Rangkaian Optocoupler dan Transistor Gate Driver .....	61
Gambar 3 17 Rangkaian Keseluruhan Sistem Buck Converter	62
Gambar 3 18 Simulasi Rangkaian Keseluruhan Sistem Pada Buck Converter .....	63
Gambar 4 1 Hardware Keseluruhan Sistem Buck Converter ..	64
Gambar 4 2 Hasil Pengujian Rectifier Tanpa Filter C Menggunakan Multimeter .....	65
Gambar 4 3 Grafik Hasil Uji Rectifier Tanpa Filter C .....	66
Gambar 4 4 Bentuk Sinyal Hasil Uji Rectifier Dengan Filter C .....	67
Gambar 4 5 Grafik Hasil Uji Rectifier Menggunakan Filter C	68
Gambar 4 6 Hasil Pengujian Rectifier Filter C Menggunakan Multimeter .....	68
Gambar 4 7 Hardware Rangkaian Penyearah Filter C .....	69
Gambar 4 8 Hardware Rangkaian Buck Converter .....	70
Gambar 4 9 Bentuk Sinyal PWM Dengan Duty Cycle 75% ...	74
Gambar 4 10 Bentuk Sinyal PWM Dengan Duty Cycle 10% .	75
Gambar 4 11 Grafik Hubungan Duty Cycle Dengan Efisiensi	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 3 1 Prinsip Kerja Rangkaian Optocoupler .....	61
Tabel 4 1 Hasil Uji Rectifier Tanpa Filter C.....	66
Tabel 4 2 Hasil Uji Rectifier Menggunakan Filter C .....	67
Tabel 4 3 Hasil Uji Coba Beban 1K Dengan Induktor 23,3 mH .....	71
Tabel 4 4 Hasil Uji Coba Beban 3K9 Dengan Induktor 23,2 mH .....	71
Tabel 4 5 Hasil Uji Coba Beban 470Ohm Dengan Induktor 23,2 mH .....	71
Tabel 4 6 Hasil Uji Coba Beban 100Ohm Dengan Induktor 23,2 mH .....	72
Tabel 4 7 Hasil Uji Coba Beban 1K Dengan Induktor 41,6 mH .....	72
Tabel 4 8 Hasil Uji Coba Beban 470Ohm Dengan Induktor 41,6 mH .....	72
Tabel 4 9 Hasil Uji Coba Beban 220Ohm Dengan Induktor 41,6 mH .....	73
Tabel 4 10 Hasil Uji Coba Beban 100Ohm Dengan Induktor 41,6 mH .....	73
Tabel 4 11 Hasil Uji Efisiensi Buck Converter .....	78





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pemenuhan kebutuhan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari sangatlah penting. Dewasa ini, energi listrik sudah seperti menjadi kebutuhan primer untuk menunjang aktifitas manusia baik dalam skala kecil maupun skala besar seperti sektor rumah tangga, instansi pemerintah maupun sektor industri. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bertambahnya penggunaan peralatan listrik mengakibatkan kebutuhan energi listrik semakin pesat [1]. Penggunaan energi listrik ini sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil ini telah menimbulkan banyak masalah. Diantaranya adalah masalah lingkungan, kesehatan, dan ekonomi. Sehingga dibutuhkan energi alternatif lain untuk mengurangi masalah tersebut yaitu energi terbarukan. Sumber energi terbarukan tersebut memiliki potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, seperti dengan pemanfaatan energi surya (*photovoltaic*) dan turbin angin (*wind turbine*).

Pemanfaatan energi surya dan turbin angin tersebut dapat diterapkan pada pengembangan kampus, seperti di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui *smartroom*. *Smartroom* adalah sebuah ruangan dimana energi listrik yang digunakan bukan sepenuhnya berasal dari PLN namun dari teknologi sel surya dan turbin angin. Hasil tersebut di-*summing* untuk memenuhi jumlah beban yang dibutuhkan. Selain itu, perlu dibutuhkan *safety* ketika dua alternatif energi tersebut tidak dapat mensuplai secara maksimal yaitu dengan menambah satu energi dari genset.

Genset atau generator set merupakan suatu mesin yang terdiri dari pembangkit listrik dengan menghasilkan tegangan AC (*alternating current*). Genset pada plant menggantikan sumber listrik PLN. Hasil dari genset tersebut disearahkan menggunakan

diode bridge agar menghasilkan tegangan DC (*direct current*) sesuai dengan kebutuhan plant sebelum dilakukan proses *summing*. Keluaran tersebut menghasilkan tegangan yang nilainya masih tinggi, sehingga diperlukan suatu rangkaian yang dapat mengkonversi ke tegangan DC yang lebih rendah dimana disesuaikan dengan kebutuhan. Salah satu cara untuk mengkonversi adalah dengan menggunakan *DC voltage regulator*.

Terdapat dua jenis *DC voltage regulator*, yaitu tipe linear dan *switching*. Pada tipe *switching* dikelompokkan menjadi *pulse-width modulated* (PWM) *DC-DC converters*, resonant *DC-DC converters* dan *switched-capacitor* atau *charge-pump voltage regulators* [2]. Tipe *PWM DC-DC converters* terdapat tiga topologi dasar, yaitu *buck converter*, *boost converter* dan *buck-boost converter* [3]. Pada tugas akhir ini menggunakan topologi *buck converter* sebagai penurun tegangan. Dalam beberapa penelitian telah dilakukan pembuatan DC chopper jenis *buck converter* [3] [4] [5] dengan beberapa aplikasi. Namun dalam penelitian tersebut menggunakan tegangan masukan dibawah 300 VDC. Selain itu, komponen pensaklaran juga tidak dibahas secara mendalam.

Berdasarkan pada hal tersebut, Penulis melakukan rancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V menjadi 30 V dengan menggunakan mosfet sebagai piranti pensaklaran dan melakukan percobaan variasi beban serta menghitung seberapa besar efesiensi yang didapatkan. Penulis memilih konverter jenis *buck* karena rangkaiannya sederhana, tidak memerlukan transformator sebagai tegangan masukan, riak (*ripple*) pada tegangan keluaran rendah sehingga filter yang dibutuhkan pun relatif kecil [4]. Oleh karena itu dibuat tugas akhir dengan judul “*Rancang Bangun Buck Converter DC-DC 320 V – 30 V*”.

## 1.2. Rumusan Permasalahan

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan permasalahan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang tegangan input DC sebesar 320 V pada rancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V?
2. Bagaimana cara merancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V?

### 1.3. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah atau ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini, yaitu :

1. Pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus.
2. Sumber listrik utama yang digunakan adalah dari tegangan AC (*alternating current*) yang sudah disearahkan menjadi tegangan DC (*direct current*) menggunakan rangkaian penyearah filter-c (*smoothing capacitor rectifier*).
3. Sumber listrik utama akan menyala ketika *relay* terhubung dan mendapatkan perintah dari mikrokontroler pada sistem summing.
4. Perancangan dan pembuatan tegangan masukan maksimum yang dapat disuplai dari sumber sebesar 320 V sudah ditetapkan sebagai *input* pada rangkaian *buck converter*.
5. Perancangan dan implementasi sistem pada rancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V memiliki frekuensi *switching* sebesar 20kHz.
6. Perancangan dan implementasi sistem pada rancang bangun *buck converter* DC-DC menggunakan mosfet irfp460 sebagai piranti pensaklaran dan menggunakan TLP250 sebagai *gate driver mosfet* yang bekerja dengan cara *non-inverting*.
7. Komponen yang digunakan pada implementasi rangkaian *buck converter* DC-DC sedikit berbeda dari perancangan dan simulasinya karena harus menyesuaikan dengan komponen yang ada dipasaran.
8. Hasil tegangan output maksimum pada perancangan dan implementasi sistem pada rancang bangun *buck converter* DC-DC sudah ditetapkan, yaitu sebesar 30 V.
9. Minimum sistem berbasis mikrokontroler ATmega128.

#### 1.4. Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 Teknik Instrumentasi serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah, yaitu :

1. Merancang tegangan input DC sebesar 320 V pada rancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V.
2. Merancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V.

#### 1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam melakukan pembuatan konversi tegangan DC tinggi menjadi tegangan DC rendah sesuai dengan kebutuhan, mengingat beberapa alat elektronika membutuhkan catu daya DC dari tingkat tegangan rendah, tegangan menengah sampai tegangan tinggi.
2. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran bagi mahasiswa Teknik Instrumentasi tentang konversi tegangan.

## **BAB II**

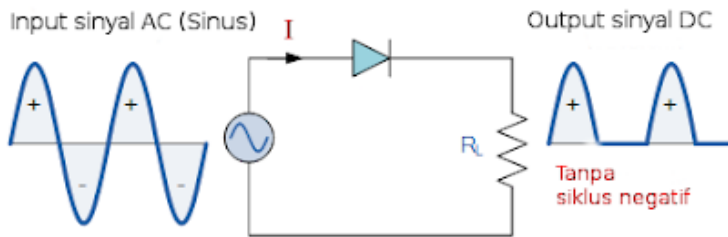
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Rectifier**

*Rectifier* atau rangkaian penyearah adalah rangkaian yang mengubah tegangan bolak balik (AC atau *alternating current*) menjadi tegangan searah (DC atau *direct current*). Terdapat beberapa jenis rangkaian penyearah, yang masing-masing jenis memberikan hasil keluaran yang berbeda-beda terhadap bentuk tegangan DC yang keluar. Perbandingan tegangan DC yang keluar terhadap tegangan AC yang ikut serta pada hasil keluarannya dinamakan faktor ripel (riak). Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari 2 sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi positif gelombang dari arus AC yang masuk ke dioda akan menyebabkan dioda menjadi bias maju (*forward bias*) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan dioda dalam posisi bias terbalik (*reverse bias*) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

Pada dasarnya, rectifier atau penyearah gelombang dibagi menjadi dua jenis yaitu *half wave rectifier* (penyearah setengah gelombang) dan *full wave rectifier* (penyearah gelombang penuh). Pada gambar 2.1 merupakan penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) adalah sistem penyearah yang menggunakan satu blok dioda tunggal (baik satu diode maupun diode yang diparalel).

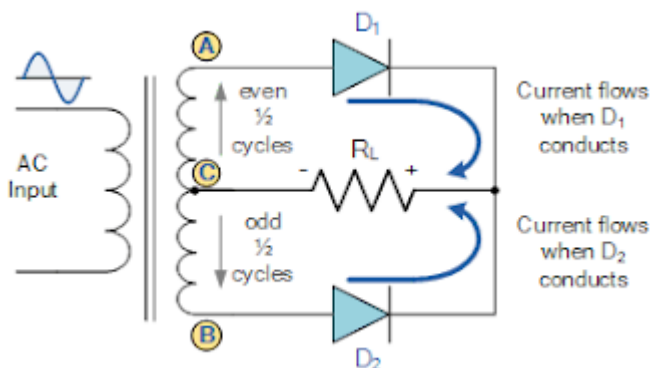
Prinsip kerja penyearah setengah gelombang memanfaatkan karakteristik dioda yang dapat dilalui arus satu arah. Sehingga hanya dapat melewatkan siklus positif dari sinyal AC tersebut. Oleh karena itu, disebut sebagai penyearah setengah gelombang.



**Gambar 2 1** Half Wave Rectifier

Sumber : [www.electronics-tutorials.ws](http://www.electronics-tutorials.ws), 2015

Penyearah gelombang penuh (*full wave rectifier*) dapat dibangun dari sebuah transformator CT dengan dua dioda penyearah, seperti pada gambar 2.2. Fungsi transformator CT adalah menghasilkan dua buah sinyal sinus dengan fase yang berkebalikan. Satu lilitan menghasilkan fase yang sama dengan input dan satu lilitan yang lain menghasilkan fase yang berkebalikan dari sinyal input.

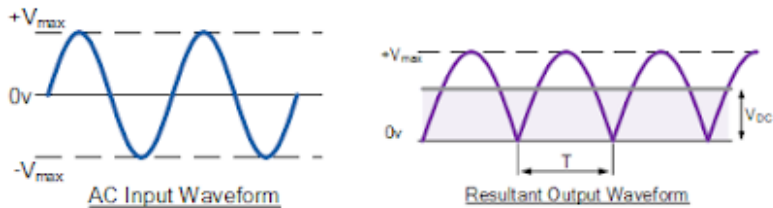


**Gambar 2 2** Full Wave Rectifier

Sumber : [www.electronics-tutorials.ws](http://www.electronics-tutorials.ws), 2015

Dengan dua sinyal AC yang saling berbeda fase ini, maka kedua dioda yang masing-masing berfungsi sebagai penyearah setengah

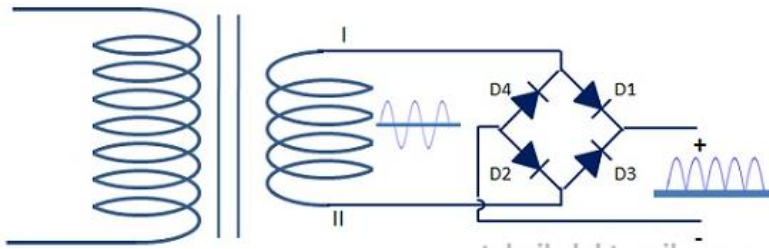
gelombang yang dapat bekerja secara bergantian. Satu dioda menyearahkan siklus positif dari lilitan atas dan satu dioda kemudian menyearahkan siklus positif dari lilitan bawah yang merupakan balikan fasa dari siklus negatif sinyal input AC, seperti pada gambar 2.3.



**Gambar 2 3** Sinyal Penyearah Gelombang Penuh

Sumber : [www.electronics-tutorials.ws](http://www.electronics-tutorials.ws), 2015

Selain menggunakan dua diode, dapat juga menggunakan empat diode, seperti pada gambar 2.4. Tipe penyearah ini atau biasa disebut penyearah jembatan (*bridge rectifier*) lebih sering digunakan karena memberikan kinerja yang lebih baik dari jenis penyearah lainnya.

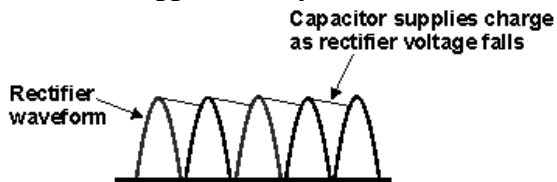


**Gambar 2 4** Penyearah Jembatan (Bridge Rectifier)

Sumber : [teknikelektronika.com](http://teknikelektronika.com), 2018

Rectifier digunakan dalam sirkuit yang membutuhkan tegangan stabil yang harus disediakan. Untuk menyediakan output DC yang stabil membutuhkan rangkaian *smoothing capacitor* untuk merapikan sehingga dapat digunakan untuk daya sirkuit elektronik

tanpa variasi tingkat tegangan besar. DC murni yang disediakan oleh penyearah akan terdiri dari serangkaian gelombang sinus dengan tegangan bervariasi antara nol dan -2 kali tegangan RMS (mengabaikan semua dioda dan kerugian lainnya). Suplai alam ini tidak akan berguna untuk menyalakan sirkuit karena sirkuit analog akan memiliki tingkat riak yang sangat besar pada output, dan sirkuit digital tidak akan berfungsi karena daya akan dihapus setiap setengah siklus. Hasil sinyal *ouput smoothing capacitor*, seperti pada gambar 2.5 sehingga bentuknya mendekati bentuk DC murni.



**Gambar 2 5** Sinyal Output Smoothing Capacitor

Sumber : radio-electronics.com, 2018

Nilai kapasitor harus dipilih, sehingga konstanta waktunya jauh lebih lama daripada interval waktu antara puncak berturut-turut dari bentuk gelombang yang diperbaiki:

$$R_{load} \cdot C \gg 1/f \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$R_{load}$  = ketahanan keseluruhan dari beban untuk suplai

C = nilai kapasitor dalam Farads

F = frekuensi riak – ini akan menjadi dua kali frekuensi garis penyearah gelombang penuh

Adapun cara menghitung nilai kapasitor sebagai berikut:

### Penyearah gelombang penuh

$$V_{ripple} = I_{in}/2fC \dots\dots\dots(2.2)$$



## Penyearah setengah gelombang

$$V_{ripple} = I_{in} / fC \dots \dots \dots (2.3)$$

## 2.2. Buck Converter

*Buck converter* merupakan salah satu jenis *switching converter* yang banyak digunakan dalam industri, khususnya mengenai catu daya. Konverter ini mengkonversikan tegangan dc menjadi tegangan dc lain yang lebih rendah (tegangan *output* lebih rendah dari pada tegangan *input*). Tegangan keluaran ini nanti akan masuk pada proses *summing*. Sehingga dibutuhkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan proses *summing*. *Buck converter* terdiri dari bagian *switching* dan filter. Bagian *switching* berupa *switch* semikonduktor dan diode *flywheel* atau *freewheeling* bekerja sebagai pemotong tegangan DC menjadi gelombang kotak yang biasa disebut sebagai *DC chopper*. Sedangkan induktor dan kapasitor membentuk *low pass filter* yang akan membuat gelombang kotak menjadi tegangan DC.

Penggerak semikonduktor bekerja sebagai *switch* dengan pengendali yang berfungsi mengkalkulasi sinyal *error* antara tegangan keluaran DC dengan *set point*. Selain itu, PWM (*pulse width modulator*) mengubah sinyal kendali analog menjadi pulsa digital dengan *duty cycle* tertentu. Dengan kondisi ideal, membuka dan menutupnya *switch* akan membuat induktor L mengalami pengisian dan pengosongan muatan [3].

Penentuan besarnya nilai induktansi L dilakukan dengan memperhatikan arus pada induktor dimana agar *buck converter* bekerja pada mode kontinyu sehingga besarnya induktansi harus memenuhi sebagai berikut:

Persamaan integral dari tegangan induktor dalam satu periode adalah :

$$\int_0^T V_L dt = \int_0^{t_{on}} V_L dt + \int^{t_{off}} V_L dt = 0 \dots \dots \dots (2.4)$$

$$(V_g - V_o) x DT + (-V_o)x (1 - D)T = 0 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$V_o = DV_g \dots \dots \dots (2.6)$$

Jika diasumsikan pada rangkaian, untuk daya input sama dengan daya ouput, maka :

$$P_g = P_o \dots \dots \dots (2.7)$$

$$V_g I_g = V_o I_o \dots \dots \dots (2.8)$$

Dan

$$\frac{I_o}{I_g} = \frac{V_g}{V_o} = \frac{1}{D} \dots \dots \dots (2.9)$$

Maka, untuk *buck converter* dapat diketahui :

$$I_L = I_o \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} \int_0^{DT} V_L d \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} (V_g - V_o) DT \dots \dots \dots (2.12)$$

Dari  $\Delta i_L$  dapat menghitung  $i_{L,min}$  dan  $i_{L,max}$  sebagai berikut :

$$i_{L,min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$i_{L,max} = IL + \frac{\Delta i_L}{2} \dots \dots \dots (2.14)$$

Untuk mendapatkan arus induktor rata-rata, dapat menggunakan persamaan :

$$I_L = I_O = \frac{V_O}{R} \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau dapat menggunakan rumus persamaan (2.16) untuk mencari nilai induktor sebagai berikut :

$$L_{min} > \frac{(1-D)R}{2f} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana: P = daya (Watt)

I = arus (Ampere)

D = *duty cycle*

V = tegangan (Volt)

R = resistor beban ( $\Omega$ )

f = frekuensi *switching* (Hz)

Nilai kapasitansi pada kapasitor C dapat ditentukan dengan memerhatikan *ripple* yang terjadi pada tegangan keluaran. Dari hubungan definisi kapasitansi, didapatkan hubungan faktor *ripple* yaitu:

$$V_{ripple} = \frac{I_{load}}{(f \times C)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Atau :

$$\frac{\Delta V_O}{V_O} = \frac{(1-D)}{(8LCf^2)} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan demikian besarnya nilai kapasitor dapat dihitung yaitu:

$$C = \frac{(1-D)V_O}{8Lf^2\Delta V_O} \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana:  $V_O$  = tegangan keluaran (Volt)

$\Delta V_O$  = tegangan *ripple* (Volt)

D = *duty cycle*

L = nilai induktansi induktor (Henry)

$f$  = frekuensi *switching* (Hz)

$C$  = nilai kapasitansi dari kapasitor (Farad)

Dari persamaan (2.19) dapat diturunkan menjadi:

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{(1-D)}{8LCf^2} = \frac{\pi}{2} (1-D) \left(\frac{f_c^2}{f^2}\right) \dots \dots \dots (2.20)$$

dimana  $f_c$  adalah frekuensi *cut-off* dari *low pass filter* didefinisikan sebagai:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots \dots \dots (2.21)$$

yang berarti bahwa tegangan ripple dapat diminimalisasi dengan memilih frekuensi *cutoff* dari *low pass filter* sehingga  $f_c \ll$  frekuensi *switching* [3]. Selain itu, pada buck converter ideal juga berlaku persamaan hubungan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan yang dinyatakan sebagai berikut:

$$V_o = V_i \cdot D \dots \dots \dots (2.22)$$

dimana:  $V_o$  = tegangan output (Volt)

$V_i$  = tegangan input (Volt)

$D$  = *duty cycle*

Besarnya arus rata-rata pada kapasitor pada kondisi tunak adalah 0, maka besarnya arus rata-rata pada induktor sama dengan besarnya arus rata-rata keluaran atau arus beban seperti pada persamaan (2.15) yaitu:

$$I_L = I_R = \frac{V_o}{R} \dots \dots \dots (2.23)$$

dimana:  $I_L$  = arus pada inductor (Ampere)

$I_R$  = arus pada beban (Ampere)

R= resistansi beban ( $\Omega$ )

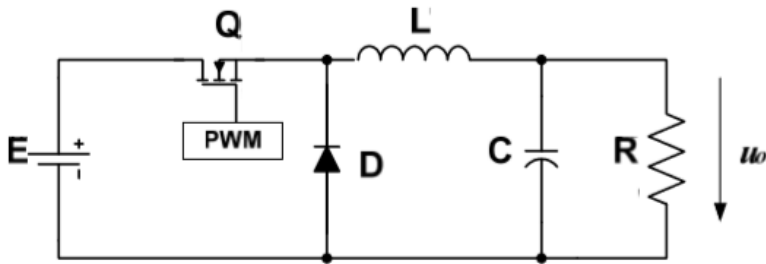
$V_o$  = tegangan keluaran (Volt)

Sehingga untuk mencari nilai induktansi pada induktor L adalah sebagai berikut:

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{f_s V_i \Delta I} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L = \frac{V_o (V_i - V_o)}{f_s V_i \Delta I} [3] \dots\dots\dots(2.25)$$

Pengoperasian konverter akan dianalisis fungsi dari *switches state*. Di dalam menganalisa prinsip kerja *buck converter*, terdapat 2 state, yaitu, *state on* dan *state off*. Ketika pada *state on* atau saklar pada kondisi terhubung, arus sumber mengalir melalui induktor L menuju output beban kapasitor dan resistor hingga tegangan keluaran mendekati tegangan masukan. Ketika pada *state off* atau saklar pada kondisi tidak terhubung, terjadi pembalikan polaritas sehingga energi yang tersimpan pada induktor akan mengalir terbalik berdasar tegangan yang tersimpan pada kapasitor hingga terjadi pengurangan pada kapasitor. Proses pengisian dan pengosongan inilah yang menyebabkan tegangan keluaran selalu lebih rendah dari tegangan masukannya. Ketika berada pada *state on*, maka arus dari tegangan sumber  $V_{in}$  akan mengalir melalui induktor L, beban dan kembali lagi ke sumber. Karena tegangan yang diberikan kepada induktor konstan, maka arus yang melewati induktor meningkat secara linier. Adapun rangkaian dasar *buck converter* pada gambar 2.6.



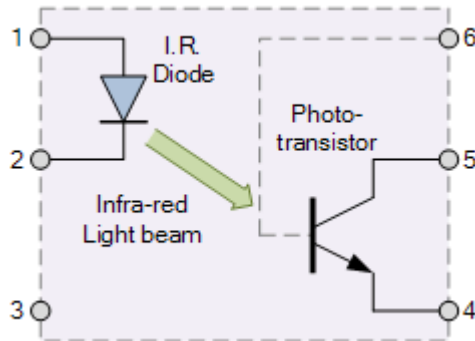
**Gambar 2 6** Topologi Buck Converter  
Sumber : Jurnal Teknologi dan Pendidikan, 2014

Sedangkan ketika berada pada *state off*, saklar menjadi terbuka mengakibatkan arus dari sumber input tidak dapat mengalir melewati mosfet. Sehingga sumber dari tegangan output sekarang berasal dari induktor dan kapasitor dimana diode  $D$  menjadi aktif. Arus mengalir dari induktor  $L$  ke beban melalui dioda dan kembali menuju induktor  $L$ . Karena tegangan induktor menjadi lebih kecil dibandingkan saat *state on* dan konstan, maka arus yang melewati induktor akan menjadi turun secara linier [6].

### 2.3. Octocoupler

*Optocoupler* merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung atau pemicu berdasarkan cahaya optik. *Octocoupler* memiliki beberapa nama seperti opto-isolator, *photocoupler* atau *optical isolator*. *Opto* berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga dapat diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan pemicu cahaya optik. Fungsi dari rangkaian *optocoupler* adalah sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke tegangan tinggi, sehingga tidak ada gejala gangguan pada rangkaian tegangan tinggi demikian pula tidak akan ada pengaruh pada rangkaian tegangan rendah.

*Optocoupler* termasuk dalam sensor, yang terdiri dari dua bagian yaitu transmitter dan *receiver*. Rangkaian dasar *optocoupler* ditunjukkan pada Gambar 2.7 sebagai berikut.



**Gambar 2 7** Optocoupler

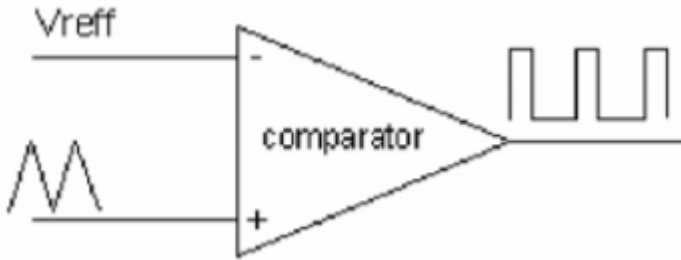
Sumber : [www.electronics-tutorials.ws/blog/optocoupler.html](http://www.electronics-tutorials.ws/blog/optocoupler.html), 2018

Bagian pemancar atau transmitter terdapat sebuah infra led merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik terhadap sinar tampak dari pada menggunakan led biasa. Sensor ini dapat digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian bertegangan tinggi, selain itu juga dapat digunakan sebagai pendeteksi terhadap penghalang antara transmitter dan *receiver* dengan memberikan ruang uji dibagian tengah antara led dan *phototransistor*. Penggunaan rangkaian *optocoupler* tergantung pada kebutuhan. Ada berbagai macam tipe dan jenis, diantaranya 4N25, 4N26, TLP 250 dan lain-lain [7]. Pada tugas akhir ini menggunakan TLP250 pada rangkaian *optocoupler*.

#### **2.4. Pulse Width Modulation (PWM)**

*Pulse width modulation* (PWM) merupakan pulsa yang mempunyai lebar pulsa (*duty cycle*) yang dapat diubah-ubah. Pada Gambar 2.8 merupakan proses pembuatan PWM yang terdiri dari gelombang segitiga, tegangan referensi dan komparator. Komparator merupakan piranti yang digunakan untuk

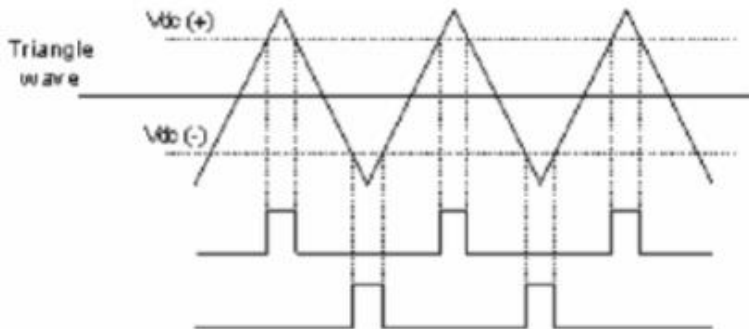
membandingkan dua buah sinyal masukan. Dua sinyal masukan yang dibandingkan adalah gelombang segitiga dengan tegangan referensi yaitu tegangan DC.



**Gambar 2 8** Rangkaian PWM

Sumber : rancang bangun ups untuk beban (900VA) berbasis mikrokontroller, 2011

Pada Gambar 2.9 adalah hasil perbandingan gelombang segitiga dengan tegangan DC yang menghasilkan gelombang kotak dengan lebar pulsa yang dapat diatur. Pengaturan lebar pulsa dapat dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai tegangan DC referensi.



**Gambar 2 9** Gelombang Pulsa Keluaran PWM

Sumber : "Rancang Bangun AC-DC Battery Charger Pada Penyediaan Daya Cadangan Rumah Tangga",Proyek Akhir, 2007



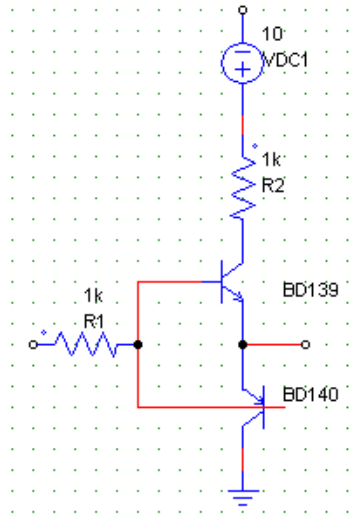
Ketika tegangan referensi DC dinaikkan terhadap sinyal segitiga, maka gelombang pulsa keluaran dari komparator akan bernilai 1 (*on*) lebih lama. Sebaliknya, jika tegangan referensi DC diturunkan terhadap sinyal segitiga maka gelombang pulsa keluaran dari komparator akan bernilai 0 (*off*) lebih lama. Lama pulsa (duty cycle) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.26) sebagai berikut.

$$D = \frac{t_{on}}{T} \times 100\% \dots \dots \dots (2.26)$$

Apabila menginginkan gelombang kotak yang mempunyai waktu *on* dan *off* berkebalikan maka diperlukan tegangan DC referensi yang negatif. Untuk memperoleh tegangan DC negatif adalah dengan memasukkan tegangan DC positif ke rangkaian pembalik (*inverting*)<sup>[7]</sup>.

## 2.5. Rangkaian Totempole atau Totem-pole Drive Circuit

Kondisi *power losses switching* elektronik sangat lah penting untuk diperhatikan pada saat mendesain suatu rangkaian elektronika daya. Hal tersebut perlu dikurangi atau diminimalkan yang disebabkan oleh perubahan yang sangat cepat dari kondisi *low* ke kondisi *high* pada saat mosfet sedang melakukan *switching* dengan frekuensi tinggi. *Drive citcuit* MOSFET / IGBT harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada *switching* frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat sesuai untuk digunakan sebagai *drive circuit* pada MOSFET/IGBT adalah yang dinamakan rangkaian “*totempole*”, yang terdiri dari transistor NPN dan PNP seperti pada gambar 2.10.



**Gambar 2 10** Rangkaian Dasar Totempole

Pada rangkaian totempole terdiri dari transistor tipe NPN BD 139 dan PNP BD 140 yang disusun secara seri dimana basis dari dua transistor tersebut dijadikan satu. Selain itu untuk suplai tegangan yang digunakan pada rangkaian *totem pole* tergantung pada jenis mosfet yang digunakan.

Pada gambar 2.10 merupakan rangkaian dasar totempole karena rangkaian tersebut dapat dikembangkan lagi menjadi rangkaian totempole bertingkat yaitu dengan menambah transistor NPN BD 139 yang dipasang didepan rangkaian dasar *totem pole*. Sehingga, kemampuan dari rangkaian *totem pole* dapat meningkat, biasanya rangkaian *totem pole* bertingkat digunakan untuk *driver* mosfet dengan kapasitas besar seperti mosfet yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu mosfet IRFP 460.

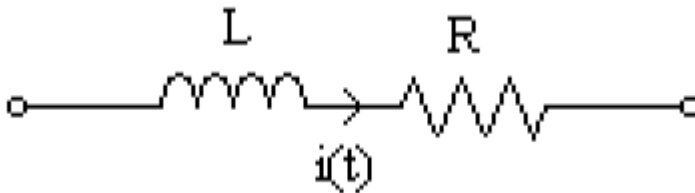
## 2.6. Desain Induktor

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi rangkaian untuk mendesain peralatan magnetic, salah satunya adalah induktor. Dalam membuat induktor, puncak *flux density* inti tidak boleh saturasi terhadap komponen ataupun rangkaian lainnya.

Puncak *ac flux density* juga harus cukup kecil, untuk memenuhi jumlah banyak putaran pada inti induktor. Pokok bahasan ini yang sangat berpengaruh adalah area untuk menggulung kawat (*wire cross section area*) harus seluas mungkin, untuk mengurangi gulungan resistor dc dan rugi tembaga. Tetapi apabila kawat terlalu padat, hal ini tidak dapat diterima karena dapat menyebabkan efek permukaan kawat (*proximity effect*). Celah udara dibutuhkan untuk peralatan yang menyimpan energi seperti induktor pada rangkaian buck konverter. Celah udara tidak baik untuk diaplikasikan pada transformator.

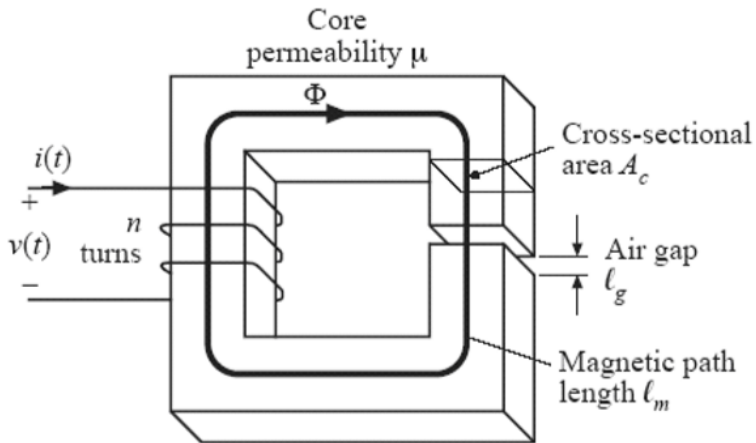
Induktor dapat dimodelkan seperti rangkaian ekivalen pada Gambar 2.11, R merupakan resistansi dc kumparan. Maka induktor dapat menghasilkan induktansi dan resistansi R pada kumparan. Induktor tidak saturasi apabila menggunakan *worst-case* arus puncak  $I_{max}$ . Sebagai catatan hubungan antara R ekivalen dan rugi tembaga  $P_{cu}$  ditunjukkan pada persamaan (2.27) berikut:

$$P_{cu} = I_{rms}^2 R \dots \dots \dots (2.27)$$



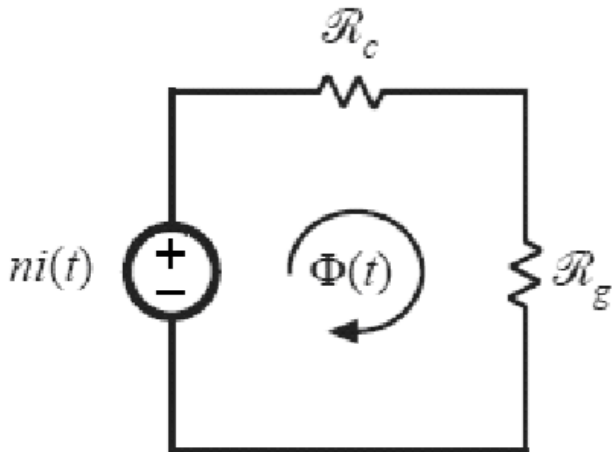
**Gambar 2 11** Rangkaian Ekivalen Inductor

Resistansi kumparan induktor mempengaruhi efisiensi dan tegangan keluaran konverter. Maka pada desain konverter diperlukan konstruksi induktor dengan resistansi kumparan yang cukup kecil. Bentuk induktor dapat diasumsikan bahwa ukuran induktor yang ditunjukkan sebagai bentuk pengganti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



**Gambar 2 12** Bentuk Ekuivalen Inductor

Untuk rangkaian ekivalen magnetik ditunjukkan pada Gambar 2.13.



**Gambar 2 13** Rangkaian Ekuivalen Magnetik

Besar nilai reluktansi inti  $R_c$  dan reluktansi celah udara  $R_g$  ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_c A_c} \dots \dots \dots (2.29)$$

Dimana :

$l_c$  = core magnetic path length

$A_c$  = core cross section area

$\mu_c$  = core permeability

$l_g$  = air gap length

Reluktansi inti dan reluktansi celah udara dapat diasumsikan bahwa inti dan celah udara mempunyai cross section areas yang sama. Persamaan untuk Gambar 2.12 adalah

$$ni \approx \varphi(R_c + R_g) \dots \dots \dots (2.30)$$

Biasanya,  $R_c \ll R_g$  dan persamaan (2.31) dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$ni \approx \varphi R_g \dots \dots \dots (2.31)$$

## 2.7. Maximum Flux Density pada Induktor

Dengan memberikan arus puncak  $I_{max}$ , diharapkan inti dapat bekerja pada nilai puncak *flux density*  $B_{max}$ . Besar dari  $B_{max}$  dipilih yang lebih kecil dari pada *worst-case* saturasi *flux density* bahan dari inti.

Substitusikan  $\varphi = BA_c$  pada persamaan (2.32)

$$ni = BA_c R_g \dots \dots \dots (2.32)$$

Apabila  $I = I_{max}$  dan  $B = B_{max}$ , maka diperoleh

$$nI_{max} = B_{max}A_cR_g = B_{max} \frac{l_g}{\mu_0} \dots\dots\dots(2.33)$$

Sehingga nilai induktansi L harus ditentukan. Induktansi dapat diperoleh dengan persamaan (2.34) berikut.

$$L = \frac{n^2}{R_g} = \frac{\mu_0 A_c n^2}{l_g} \dots\dots\dots(2.34)$$

## 2.8. Winding Area pada Desain Induktor

Winding area ditunjukkan pada Gambar 2.14. Gulungan kawat harus tersusun rapi dan rapat pada inti yang merupakan lubang tengah daripada inti. Cross section area konduktor, luas penampang konduktor  $AW$ . Apabila gulungan mempunyai  $n$  putaran, maka area untuk konduktor tembaga adalah:

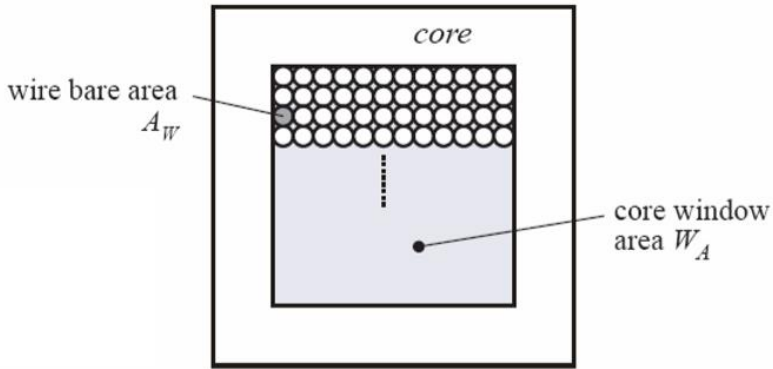
$$nA_w \dots\dots\dots(2.35)$$

Apabila inti mempunyai window area  $W_A$ , kemudian dapat dinyatakan area untuk gulungan konduktor sebagai berikut.

$$W_A K_u \dots\dots\dots(2.36)$$

$K_u$  merupakan *window utilization factor* atau *fill factor*. Maka desain selanjutnya dapat dinyatakan pada persamaan (2.37) sebagai berikut.

$$W_A K_u \geq nA_w \dots\dots\dots(2.37)$$



**Gambar 2 14** Winding Area

Nilai  $K_u$  untuk inti dengan gulungan pada bobbin adalah 0,5 untuk induktor tegangan rendah, 0,25-0,3 untuk off-line transformator, 0,05-0,2 untuk transformator tegangan tinggi untuk suplai berkisar kV, dan 0,65 untuk transformator foil dan induktor tegangan rendah.

## 2.9. Winding Resistance pada Desain Induktor

Besar nilai resistansi pada gulungan adalah seperti pada persamaan (2.38) berikut.

$$R = \rho \frac{l_W}{A_W} \dots \dots \dots (2.38)$$

$\rho$  adalah tahanan jenis dari bahan induktor,  $l_W$  adalah panjang kawat dan  $A_W$  adalah luas penampang kawat. Tahanan jenis tembaga pada suhu ruangan adalah  $1,724 \times 10^{-6}$  Ohm-cm. Panjang kawat terdiri dari  $n$  putaran gulungan dapat dinyatakan pada persamaan (2.39) berikut.

$$l_W = n(MLT) \dots \dots \dots (2.39)$$

MLT (mean-length-per-turn) adalah panjang kawat dalam satu putaran. Panjang kawat dalam satu putaran (MLT) merupakan fungsi geometri inti. Subtitusikan persamaan (2.39) ke persamaan (2.38) diperoleh persamaan (2.40) berikut:

$$R = \rho \frac{n(MLT)}{A_w} \dots\dots\dots(2.40)$$

## 2.10. The Core Geometrical Constant $K_g$

Pada persamaan (2.35), (2.36), (2.38), dan (2.40) merupakan besaran dari  $A_c$ ,  $W_A$ , dan MLT, dan besaran ukuran inti adalah  $I_{max}$ ,  $B_{max}$ ,  $\mu_0$ ,  $L$ ,  $K_u$ ,  $R$  dan  $\rho$  yang memberikan sfesifikasi atau besaran lain yang diketahui dan  $n$ ,  $lg$ , dan  $A_w$  merupakan besaran yang belum diketahui. Eliminasi besaran yang belum diketahui  $n$ ,  $lg$ , dan  $A_w$  dinyatakan pada persamaan (2.41) berikut.

$$\frac{A_c^2 W_A}{MLT} \geq \frac{L^2 I_{max}^2 \rho}{B_{max}^2 R K_u} \dots\dots\dots(2.41)$$

Besaran pada sebelah kanan pada persamaan (2.41) adalah besaran yang belum diketahui. Persamaan pada sebelah kiri berfungsi untuk ukuran inti. Persamaan ini dibutuhkan untuk memilih ukuran inti yang memenuhi persamaan (2.42). Besarannya adalah :

$$K_g = \frac{A_c^2 W_A}{(MLT)} \dots\dots\dots(2.42)$$

$K_g$  disebut *core geometrical constant*.

Adapun parameter yang harus diperhatikan dalam pembuatan komponen L adalah sebagai berikut :

- a. Wire resistivity  $\rho = 1,74 \cdot 10^{-6} (\Omega cm)$



- b. Peak winding current  $I = I + \Delta I \text{ (A)}$
- c. Inductance  $L \text{ (H)}$
- d. Winding resistance  $R \text{ (}\Omega\text{)}$
- e. Winding fill factor  $K_u = 0,5$
- f. Maximum Flux Density  $B_{\max} = 0,25 \text{ (Tesla)}$
- g. Copper Loss  $P_{cu} = 10\text{mw}-1,5\text{w}$
- h. Permeability of free space  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$
- i. Dimensi inti besi

Untuk dimensi inti dalam pembuatan induktor mempunyai parameter sebagai berikut:

- a. *Core cross sectional area* =  $A_c \text{ (cm}^2\text{)}$
- b. *Cross window area* =  $A_w \text{ (cm}^2\text{)}$
- c. *Mean length per turn* =  $MLT \text{ (cm}^2\text{)}$

Prosedur mendesain induktor dapat diikuti dengan langkahlangkah berikut :

- a. Menentukan ukuran inti (*core size*)  
Ditentukan oleh faktor konstanta geometri inti (*The core Geometri Constant Kg*) pada persamaan (2.43) dan (2.44) berikut.

$$K_g \geq \frac{\rho L^2 I_{\max}^2}{B_{\max}^2 R K_u} 10^8 \text{ (cm}^5\text{)} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\text{Dimana } R = \frac{P_{cu}}{I_{\max}^2}, P_{cu} = 1,5W - 0,75W \dots\dots (2.44)$$

Pilih inti yang mempunyai Kg yang lebih besar dari yang dihitung.

- b. Menentukan panjang celah udara (*air gap length*) seperti pada persamaan (2.45) berikut.

$$l_g = \frac{\mu_0 L I_{max}^2}{B_{max}^2 A_c} 10^4 \dots\dots\dots (2.45)$$

- c. Menentukan jumlah lilitan seperti pada persamaan (2.46) berikut.

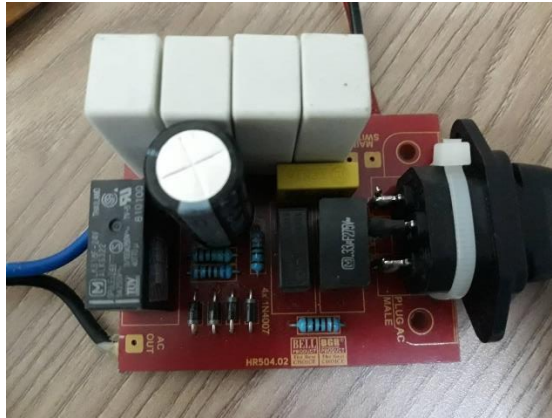
$$n = \frac{L I_{max}}{B_{max} A_c} 10^4 \dots\dots\dots (2.46)$$

- d. Menentukan ukuran kawat seperti pada persamaan (2.47) berikut.

$$A_w \leq \frac{K_u W_A}{n} (cm^2) \dots\dots\dots (2.47)$$

## 2.11. Soft Starter

*Soft starter* sering digunakan untuk mencegah MCB (*miniature circuit breaker*) listrik jatuh atau turun ketika peralatan pertama kali dinyalakan. Sehingga mencegah listrik turun saat peralatan dihidupkan. Selain itu, *soft starter* dapat menghemat pemakaian listrik, terutama pada peralatan rumah tangga, seperti TV, motor pompa, alat setrika dan lain-lain. Pada gambar 2.10 merupakan salah satu contoh alat *soft starter*.



**Gambar 2 15 Soft Starter**

*Starting* bekerja dengan memanfaatkan sifat logam tertentu yang mengalami tahanan arus yang besar melewati dan membuat suhu logam tersebut menjadi panas. Akibatnya arus tidak dapat melalui logam tersebut atau dibatasi. Namun, setelah tarikan listrik kembali normal maka suhu pun kembali dingin dan aliran listrik menjadi normal. Kondisi tersebut membuat listrik kembali melewati *starting* dengan mudah

## **2.12. Miniature Circuit Breaker (MCB)**

*Miniature circuit breaker* (MCB) pada gambar 2.11 adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (*over current*). Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubung singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*). MCB sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (*fuse*), yaitu akan memutus aliran arus listrik *circuit* ketika terjadi gangguan arus lebih.

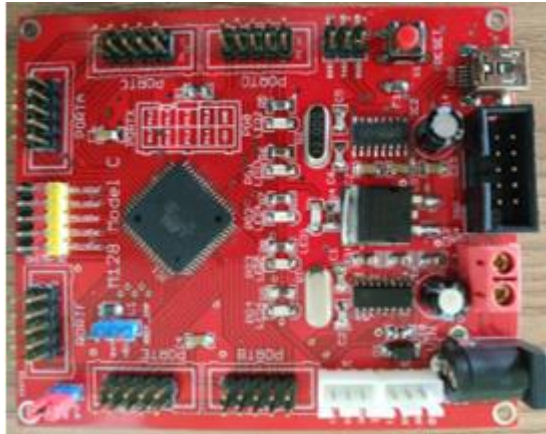


**Gambar 2 16** Miniature Circuit Breaker (MCB)

Yang membedakan keduanya adalah saat terjadi gangguan, MCB akan trip dan ketika rangkaian sudah normal, MCB bisa di ON-kan lagi (reset) secara manual, sedangkan fuse akan terputus dan tidak bisa digunakan lagi.

### **2.13. AVR ATmega128**

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel seperti pada gambar 2.12, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode power saving, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega128.



**Gambar 2 17** Sistem Minimum ATmega128

#### **2.14. Genset (Generator Set)**

Genset (*generator set*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai *generator set* dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit. Pada sebuah pembangkit sistem generator set, penggerak atau *engine* sangat berpengaruh terhadap sistem kerja generator tersebut. Karena pada perputaran generator yang stabil dapat menjadikan output generator tersebut jadi maksimal.

Kegunaan generator set paling utama yaitu menyediakan sumber listrik cadangan ketika sumber listrik PLN tiba-tiba padam seperti pada lampu atau penerangan, pengerjaan luar ruangan yang jauh dari sumber daya listrik. Genset sebagai tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar bensin atau solar sebagai suplai mesin *engine* tersebut. Sedangkan untuk generator sendiri merupakan sebuah gulungan kawat yang dibuat dari tembaga yang terdiri atas kumparan statis atau stator dan dilengkapi pula dengan kumparan berputar atau rotor. Dalam proses kerjanya, *engine* memutar rotor dalam generator yang dapat menimbulkan medan magnet pada kumparan generator. Selanjutnya medan magnet akan melakukan

interaksi dengan rotor yang kemudian berputar dan akan menghasilkan sebuah arus listrik dimana ini sesuai dengan hukum Lorenz<sup>[8]</sup>.

### 2.15. SSR (Solite State Relay)

Sebuah relai elektromekanik mempunyai banyak keterbatasan, dimana relai memerlukan biaya yang cukup besar untuk membuatnya, memiliki masa pakai kontak yang cukup singkat, mengambil banyak ruang, dan proses switch-nya kontaknya relatif pelan jika dibandingkan dengan perangkat semikonduktor modern. Keterbatasan ini terutama berlaku untuk relai kontaktor dengan daya yang besar. Adapun bentuk *ssr* seperti pada gambar 2.13.



**Gambar 2 18** Solid State Relay

Sumber : Teori Solid state relay, 2015

Untuk mengatasi keterbatasan ini, banyak produsen relai menawarkan "*solid-state*" *relay*, yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor, bukan dengan kontak mekanik, untuk *switch* atau memindahkan kontrol daya listrik. Perangkat output (SCR, TRIAC, atau transistor) secara optik-digabungkan ke sumber cahaya LED di dalam relai. Relai dihidupkan oleh energi LED ini, biasanya dengan tegangan DC daya rendah. Pilihan perangkat isolasi optik antara input ke output dengan menggunakan SSR merupakan pilihan yang terbaik dari pada jenis relai elektromekanik.

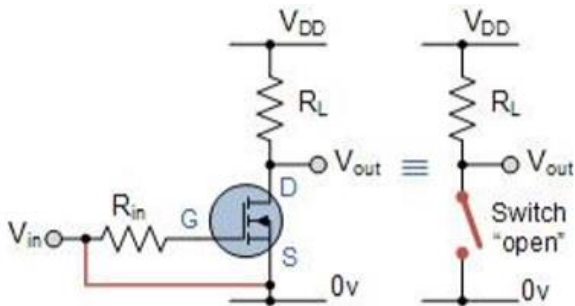
## 2.16. Komponen Pendukung Alat

Dalam pembuatan alat tugas akhir ini dibutuhkan komponen pendukung agar alat yang dibuat bisa berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Adapun komponen pendukung alat tersebut sebagai berikut:

### 2.10.1 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silikon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah. [8]

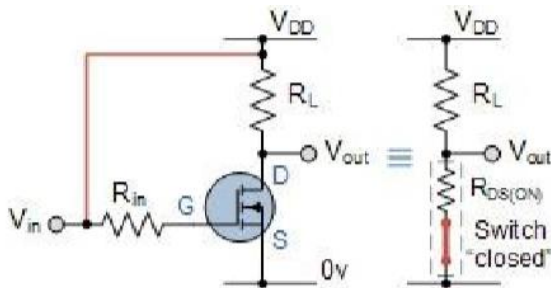
Karakteristik MOSFET pada daerah cut-off antara lain sebagai berikut : a. Input gate ( $V_{gs}$ ) tidak mendapat tegangan bias karena terhubung ke ground (0V) b. Tegangan input gate ( $V_{gs}$ ) lebih rendah dari tegangan threshold ( $V_{gs} < V_{th}$ ) c. Tidak ada arus drain yang mengalir pada MOSFET d. Tegangan output  $V_{out} = V_{ds} = V_{dd}$  e. Pada daerah cut-off MOSFET dianalogikan seperti saklar yang terbuka seperti pada gambar 2.14.



**Gambar 2 19 Mosfet Dalam Kondisi Mati**

Sumber : Menggunakan MOSFET Sebagai Saklar & Relay, Tespenku.com, 2018

Sedangkan karakteristik MOSFET ketika saturasi adalah sebagai berikut : a. Tegangan input gate ( $V_{gs}$ ) tinggi b. Tegangan input gate ( $V_{gs}$ ) lebih tinggi dari tegangan threshold ( $V_{gs} > V_{th}$ ) c. Tegangan drain dan source ideal ( $V_{ds}$ ) pada daerah saturasi adalah 0V ( $V_{ds} = 0V$ ) d. Resistansi drain dan source sangat rendah ( $R_{ds} < 0,1 \text{ Ohm}$ ) e. Tegangan output  $V_{out} = V_{ds} = 0,2V$  f. MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup seperti pada gambar 2.15.



**Gambar 2 20 Mosfet Dalam Kondisi Hidup**

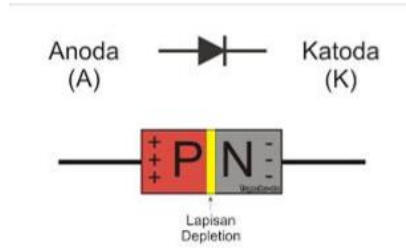
Sumber : Menggunakan MOSFET Sebagai Saklar & Relay, Tespenku.com, 2018

### 2.10.2 Dioda

Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah



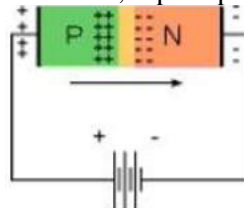
sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.



**Gambar 2 21** Simbol dan Struktur Diode

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

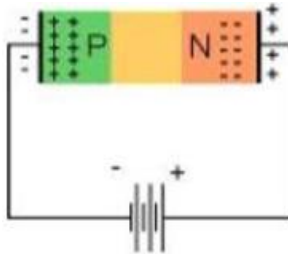
Gambar 2.16 menunjukkan sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (depletion layer), dimana terdapat keseimbangan hole dan elektron. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk hole-hole yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektronelektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, maka elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi hole di sisi P. Tentu kalau elektron mengisi hole disisi P, maka akan terbentuk hole pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran hole dari P menuju N, Kalau menggunakan terminologi arus listrik, maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N, seperti pada gambar 2.17.



**Gambar 2 22** Dioda Bias Maju

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

Jika polaritas tegangan dibalik yaitu dengan memberikan bias negatif (reverse bias). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.



**Gambar 2 23** Dioda Bias Mundur

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

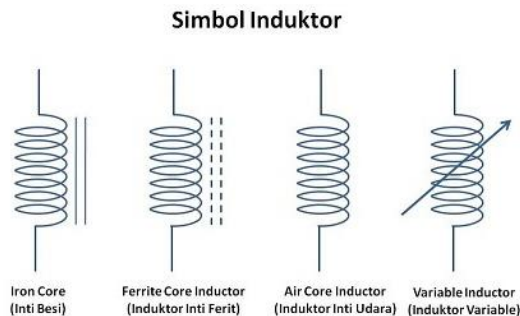
Maka tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran hole dari P ke N maupun sebaliknya dapat dilihat pada gambar 2.18. Karena baik hole dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutub berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (depletion layer) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus. Dioda yang digunakan pada laporan ini yaitu dioda penyearah. Dioda penyearah adalah jenis dioda yang terbuat dari bahan Silikon yang berfungsi sebagai penyearah tegangan atau arus dari arus bolak-balik (ac) ke arus searah (dc) atau mengubah arus ac menjadi dc <sup>[9]</sup>.

### 2.10.3 Induktor

Induktor atau dikenal juga dengan Coil adalah Komponen Elektronika Pasif yang terdiri dari susunan lilitan Kawat yang membentuk sebuah Kumparan. Pada dasarnya, Induktor dapat menimbulkan Medan Magnet jika dialiri oleh Arus Listrik. Medan Magnet yang ditimbulkan tersebut dapat menyimpan energi dalam waktu yang relatif singkat. Dasar dari sebuah Induktor adalah berdasarkan Hukum Induksi Faraday.

Kemampuan Induktor atau *coil* dalam menyimpan energi magnet disebut dengan Induktansi yang satuan unitnya adalah

Henry (H). Satuan Henry pada umumnya terlalu besar untuk Komponen Induktor yang terdapat di rangkaian elektronika. Oleh Karena itu, satuan-satuan yang merupakan turunan dari Henry digunakan untuk menyatakan kemampuan induktansi sebuah Induktor atau Coil. Satuan-satuan turunan dari Henry tersebut diantaranya adalah *milihenry* (mH) dan *microhenry* ( $\mu$ H). Simbol yang digunakan untuk melambangkan Induktor dalam rangkaian elektronika adalah huruf “L”. Adapun simbol induktor seperti pada gambar 2.19



**Gambar 2 24** Simbol Induktor

Sumber : Pengertian dan Fungsi Induktor beserta Jenis-Jenisnya, Teknik Elektronika, 2014

Fungsi-fungsi Induktor atau Coil diantaranya adalah dapat menyimpan arus listrik dalam medan magnet, menapis (Filter) Frekuensi tertentu, menahan arus bolak-balik (AC), meneruskan arus searah (DC) dan pembangkit getaran serta melipatgandakan tegangan.

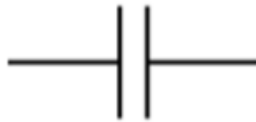
#### **2.10.4Kapasitor**

Kapasitor merupakan sebuah komponen dasar elektronika yang banyak digunakan pada komponen elektronik karena kapasitor berfungsi untuk menyimpan muatan listrik secara sementara waktu untuk kemudian dilepaskan. Besarnya muatan yang dapat ditampung oleh sebuah kapasitor disebut dengan

Kapasitansi Kapasitor, yang dinyatakan dalam satuan mikro Farad ( $\mu\text{F}$ ). Pada dasarnya kapasitor terbagi atas 2 jenis yaitu:

a. Kapasitor Tetap

Kapasitor tetap adalah kapasitor yang nilai kapasitan penyimpanan muatan listrik tetap dan tidak dapat berubah-ubah. Kapasitor tetap terbagi menjadi dua yaitu Kapasitor Non-Elektrolit adalah kapasitor yang tidak memiliki polaritas sehingga pemasangan pada rangkaian tidak perlu memperhatikan polaritas pada kaki-kakinya. Contoh dari kapasitor non-elektrolit antara lain kapasitor yang terbuat dari bahan keramik dan mika. Pada skema kapasitor non-elektrolit simbol ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2 25** Simbol Kapasitor Non Elektrolit

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

b. Kapasitor Elektrolit

Kapasitor elektrolit adalah sebuah kapasitor yang memiliki polaritas. Sehingga untuk pemasangan komponen pada rangkaian harus memperhatikan polaritas pada kaki-kakinya, antara kutub positif dan kutub negatif. Jika terjadi kesalahan pemasangan pada rangkaian maka dapat menyebabkan kerusakan pada komponen lainnya yang terdapat didalam rangkaian tersebut. Salah satu contoh kapasitor elektrolit adalah ELCO (*Electrilyte Condensator*).















**Gambar 2 26** Simbol Kapasitor Elektrolit

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

### 2.10.5 Resistor

Sebuah resistor sering disebut werstan, tahanan atau penghambat, adalah suatu komponen elektronik yang dapat menghambat gerak lajunya arus listrik. Resistor disingkat dengan huruf "R" (huruf R besar). Satuan resistor adalah Ohm, yang menemukan adalah George Ohm (1787-1854), seorang ahli Fisika bangsa Jerman. Tahanan bagian dalam ini dinamai Konduktansi. Satuan konduktansi ditulis dengan kebalikan dari Ohm yaitu mhol. Kemampuan resistor untuk menghambat disebut juga resistensi atau hambatan listrik. Besarnya diekspresikan dalam satuan Ohm.

Nama Komponen	Gambar	Simbol
<b>Resistor (Nilai Tetap)</b>		 atau 
<b>Variable Resistor</b>		 atau 
<b>LDR (Light Depending Resistor)</b>		 atau 
<b>Thermistor (NTC / PTC)</b>		 atau 

**Gambar 2 27** Jenis-Jenis Resistor

Sumber : Dasar-Dasar Elektronika, Edisi Pertama, 2005

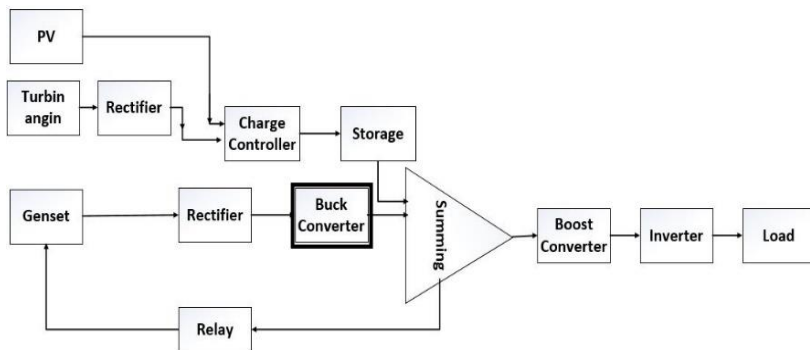
### BAB III

## PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

Pembahasan pada bab ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras pada sistem *buck converter*, *rectifier* sebagai input tegangan *buck converter* dan rangkaian pendukung lainnya. Perangkat lunak yaitu program untuk mengontrol *buck converter*.

### 3.1 Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa sistem didalamnya. Dimana antara satu sistem dan sistem yang lain memiliki keterkaitan. Nantinya semua sistem akan diintegrasikan menjadi satu. Adapun blok diagram keseluruhan alat yang dapat dilihat pada gambar 3.1. berikut ini.



**Gambar 3 1** Diagram Blok Keseluruhan Alat

Pada gambar 3.1 terdapat beberapa sistem yaitu sistem *charge controller*, sistem *buck converter*, sistem *summing*, sistem *boost*

*converter* dan sistem *inverter*. Dari semua sistem tersebut akan menghasilkan daya yang dapat menyalakan beban (*load*). Dalam tugas akhir ini membuat sistem *buck converter*.

Sebelum merancang perangkat keras maupun perangkat lunak pada *buck converter*, perlu diketahui terlebih dulu adalah susunan dari sistem yang akan dibangun (*flowchart* sistem). Secara keseluruhan gambaran dan perancangan sistem yang akan dibuat pada tugas akhir ini seperti pada gambar 3.2.



**Gambar 3 2** Flowchart Perancangan Sistem

Adapun keterangan gambar 3.2 mengenai diagram alir pengerjaan tugas akhir yang direncanakan, maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

### **a. Studi Literatur**

Kegiatan ini dilakukan dengan mencari materi penunjang dari buku, jurnal dan artikel pada media cetak maupun online. Mencari dasar teori baik metode maupun konsep yang tepat dalam merancang alat, sistem kerja konverter dan rangkaian pengendali. Serta melakukan studi literatur yang berhubungan dengan *microcontroller* ATMEGA128.

### **b. Perancangan, Perhitungan dan Simulasi**

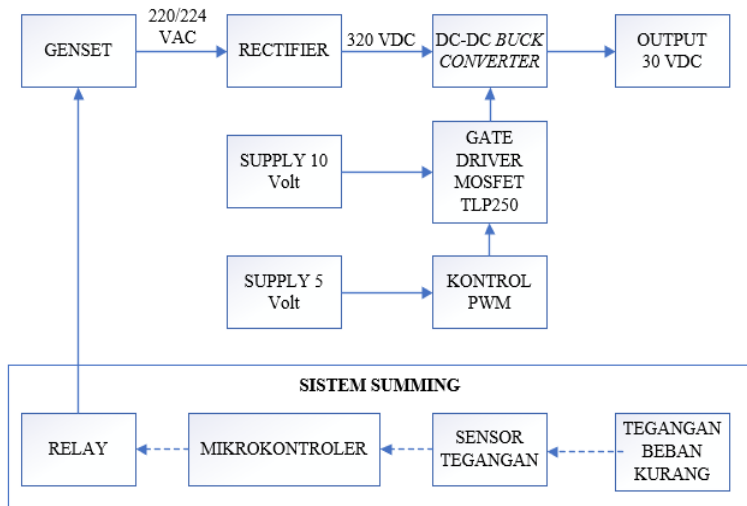
Dilakukan perancangan *buck converter* dengan melakukan perhitungan terlebih dahulu untuk mengetahui kebutuhan komponen dalam menunjang pembuatan alat tersebut. Kemudian dilakukan simulasi dari hasil perhitungan dan perancangan rangkaian. Simulasi menunjang dalam pembuatan *software* maupun *hardware*.

### **c. Pembuatan Hardware**

Dilakukan pembuatan hardware *buck converter* setelah simulasi yang telah dilakukan dapat *running* sesuai output yang diharapkan.

Dari diagram alir (*flowchart*) perancangan dan pembuatan alat, didapatkan diagram blok sistem *buck converter*, seperti pada gambar 3.3. Dimana *buck converter* adalah sebagai *safety system* pada sistem *smartroom*. Apabila hasil output dari *photovoltaic* dan output dari *wind turbin* (turbin angin) tidak dapat memenuhi kebutuhan *summing* sebelum masuk pada beban yang dibutuhkan pada *smartroom*, maka sistem *buck converter* akan menyala.





**Gambar 3 3** Diagram Blok Sistem Buck Converter

Genset akan menyala ketika *relay* tersambung (dalam keadaan *on*). Sebelum *on*, *relay* mendapatkan perintah dari mikrokontroler. Waktu *relay on* atau *off*, *range*-nya akan ditentukan oleh sistem *summing*. Sehingga ketika hasil output dari ketiga sumber (*photovoltaic*, turbin angin dan genset) di-*summing* dapat memenuhi sesuai kebutuhan beban (*load*). Setelah *relay on*, genset juga akan *on* dimana output tersebut sebesar 224VAC (*alternating current*). Sedangkan pada *summing* dibutuhkan tegangan berupa DC (*direct current*). Sehingga output dari genset akan disearahkan menggunakan rangkaian *rectifier*. Rangkaian *rectifier* yang digunakan adalah *smoothing capacitor* dengan tujuan hasil dari penyearah akan menghasilkan bentuk mendekati DC murni. Output dari *rectifier* menghasilkan tegangan tinggi, sedangkan sistem *summing* membutuhkan tegangan maksimal sebesar 30 Volt. Sehingga *buck converter* akan menurunkan tegangan menjadi tegangan maksimal sebesar 30 Volt.

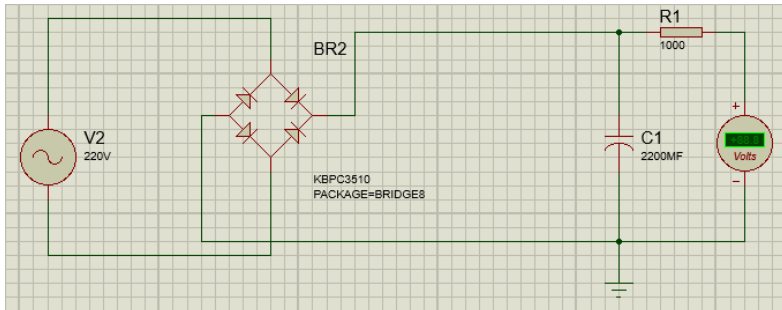
Pada Gambar 3.3 adalah gambar diagram blok dengan sistem kerja dari *buck converter* tersebut adalah ketika mendapatkan input

tegangan, mikrokontroler akan mengatur lebar pulsa (*duty cycle* pada sinyal PWM). Diantara mikrokontroler dengan mosfet (sebagai saklar atau *switching*) terdapat rangkaian *gate driver mosfet* karena terminal g pada mosfet yang memiliki tegangan  $V_{gc}$  terhadap terminal c, tidak dapat dihubungkan secara langsung ke terminal gerbang g (*gate*) pada rangkaian power (rangkaian *buck converter*). Sehingga perlu dibuat rangkaian antarmuka antara rangkaian kendali (kontrol) dan saklar daya yang digunakan, agar tidak terjadi *short circuit* antara rangkaian power dengan rangkaian kontrol tersebut dengan menggunakan rangkaian *optocoupler*. Rangkaian *optocoupler* mengeluarkan sinyal pwm sesuai dengan lebar pulsa yang diatur oleh mikrokontroler ke *gate* mosfet. Sehingga akan dihasilkan tegangan dengan nilai tegangan maksimum sebesar 30 Volt.

Dari pemahaman sistem kerja *buck converter*, maka dapat dilakukan perencanaan untuk perangkat lunaknya. Untuk program *relay on*, dilakukan oleh sistem *summing*. Sedangkan program PWM adalah dengan fasilitas timer OCR1B dengan *setting* frekuensi konstan 20 kHz dan *duty cycle* nya dirubah sesuai tegangan input.

### 3.2 Perancangan dan Pembuatan Rectifier

*Rectifier* atau rangkaian penyearah berfungsi sebagai pengubah tegangan arus bolak-balik (*alternating current*) menjadi tegangan arus searah (*direct current*). Rangkaian penyearah ini digunakan untuk memenuhi suplai daya pada rangkaian *buck converter*. Rangkaian ini merupakan rangkaian penyearah *fullwave* yang menggunakan diode bridge KBPC3510 dengan arus maksimal 10 A. Selain itu, menggunakan kapasitor sebagai filter agar memenuhi tegangan input yang dibutuhkan oleh rangkaian *buck converter* dan bentuk yang dihasilkan dapat menyerupai bentuk DC murni (dapat menghilangkan *ripple* yang terjadi). Berikut ini simulasi rangkaian penyearah menggunakan Proteus dengan filter-c sebesar 2200MFD pada gambar 3.4.



**Gambar 3 4** Simulasi Rangkaian Penyearah

Pembuatan rectifier dilakukan dengan menentukan nilai kapasitor yang akan digunakan. Semakin besar nilai kapasitansi, maka *ripple* DC yang dihasilkan akan semakin halus. Sehingga pada Tugas Akhir ini menggunakan kapasitor sebesar 2200MFD. Untuk mengetahui tegangan ripple pada penyearah gelombang penuh yang dihasilkan, dapat menggunakan rumus persamaan (2.3) sebagai berikut.

$$V_{ripple} = \frac{I_{load}}{2fC}$$

$$V_{ripple} = \frac{10}{2 \times 100 \times 2200}$$

$$V_{ripple} = \frac{10}{440000}$$

$$V_{ripple} = 0,0000227272 \approx 0,000023 \text{ Volt}$$

Nilai arus telah ditentukan sebesar 10 A, sedangkan untuk frekuensi pada rangkaian penyearah yang menggunakan komponen diode bridge bernilai 2 kali lipat dari nilai diode biasa. Pada simulasi tersebut menggunakan asumsi sumber didapatkan dari PLN.

Karena frekuensi pada jala – jala listrik PLN sebesar 50Hz, maka untuk frekuensi pada penyearah gelombang penuh adalah 100Hz. Dari perhitungan tegangan ripple tersebut, didapatkan nilai sebesar 0,000023 Volt (kurang dari 1), maka hasilnya dapat memperhalus bentuk tegangan DC pada rangkaian penyearah gelombang penuh menggunakan filter-c.

$$V_S (V_{DC}) = \sqrt{2} \times V_{AC}$$

$$V_S (V_{DC}) = \sqrt{2} \times 220$$

$$V_S (V_{DC}) = 1,414213562 \times 220$$

$$V_S (V_{DC}) = 311,1269837 \approx 311,13 \text{ Volt DC}$$

$$V_S = I \cdot R$$

$$R = \frac{V_S}{I}$$

$$R = \frac{311,13}{10}$$

$$R = 31,13 \, \Omega$$

$$V_{DC} = V_{max} - \frac{V_{max}}{4fCR}$$

$$V_{DC} = 311,13 - \frac{311,13}{4 \times 100 \times 2200 \times 10^{-6} \times 31,13}$$

$$V_{DC} = 311,13 - \frac{311,13}{27.3944}$$

$$V_{DC} = 311,13 - 11,357430716$$

$$V_{DC} = 299,55569284 \approx 299,56 \text{ Volt}$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R}$$

$$I_{DC} = \frac{299,56}{31,13}$$

$$I_{DC} = 9,62287 \approx 9,6 \approx 10 \text{ A}$$

(mendekati nilai arus yang telah ditentukan)

Dari rumus perhitungan jika tidak menggunakan kapasitor, akan didapatkan tegangan DC sebesar 299,56 Volt. Sehingga dibutuhkan komponen yang dapat menyimpan muatan, yaitu kapasitor (selain sebagai filter) agar dapat mencapai tegangan sebesar 320 Volt sebagai suplai tegangan pada rangkaian selanjutnya (*buck converter*). Untuk faktor ripple (RF) pada tegangan keluaran didapat perhitungan sebagai berikut :

$$FR = \frac{1}{\sqrt{2}(4fCR - 1)}$$

$$FR = \frac{1}{\sqrt{2}(4 \times 100 \times 2200 \times 10^{-6} \times 31,13 - 1)}$$

$$FR = \frac{1}{\sqrt{2} \times 26,3944}$$

$$FR = \frac{1}{37,3273}$$

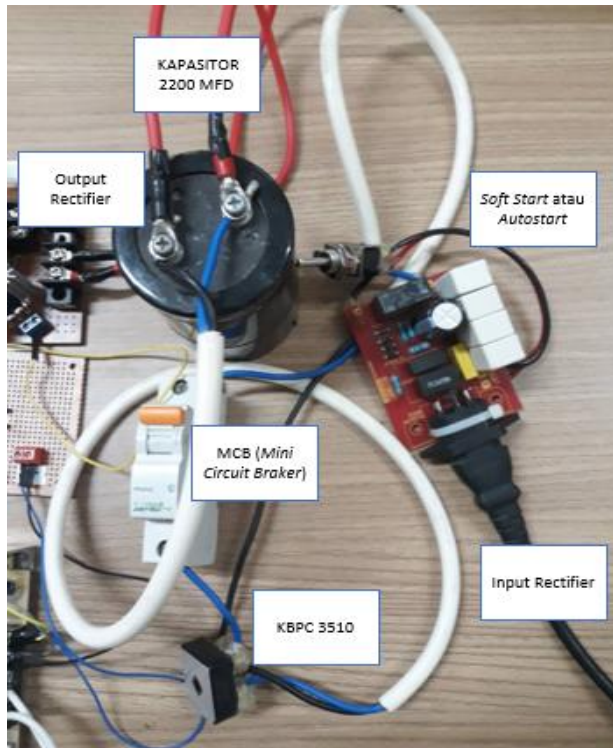
$$FR = 0,0267 \approx 2,67\%$$

Faktor ripple yang terjadi sebesar 2,67%.

Setelah mendapatkan nilai komponen yang dibutuhkan, maka dibuat *hardware rectifier* seperti pada gambar 3.5. Percobaan pengambilan data dilakukan dengan sumber utama melalui jala - jala listrik PLN.

Sebelum dari tegangan AC diubah ke tegangan DC, diberikan *soft start* atau *automatic start* agar mencegah MCB (*miniature circuit breaker*) listrik jatuh atau turun ketika peralatan pertama kali dinyalakan. Sehingga mencegah listrik turun saat peralatan dihidupkan.

*Mini circuit braker* (MCB) pada *hardware rectifier* berfungsi sebagai pelindung rangkaian penyearah dari arus lebih (*over current*). Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubungan singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*). MCB ini sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (*fuse*), yaitu akan memutus aliran arus listrik *circuit* ketika terjadi gangguan arus lebih. Setelah dipasang MCB, kemudian dipasang diode bridge, yaitu KBPC 3510 dengan arus maksimum 10 A (terdapat pada lampiran C). Dua kaki diode bridge akan dihubungkan dengan MCB dengan tanpa tanda (+) dan (-). Sedangkan dua kaki diode bridge lainnya, dihubungkan dengan kapasitor sesuai dengan tanda (+) dan (-). Tanda (+) pada diode bridge dihubungkan dengan tanda (+) kapasitor. Demikian juga dengan tanda (-) pada diode bridge dihubungkan dengan tanda (-) pada kapasitor. Selain itu, kapasitor akan dihubungkan dengan *port* masukan *hardware buck converter*. *Port* masukan tersebut merupakan *port* keluaran dari *hardware rectifier*.



**Gambar 3 5** Hardware Rectifier

Nilai tegangan keluaran dari *hardware rectifier* dapat diukur menggunakan multimeter dengan penempatan pada kapasitor atau pun pada *port* keluaran *rectifier* dimana menjadi *port* masukan *hardware buck converter*.

### 3.3 Perancangan dan Pembuatan Buck Converter

*Buck converter* digunakan sebagai penurun tegangan ketika memasuki tahap selanjutnya, yaitu proses *summing* dengan tegangan hasil *photovoltaic* dan turbin angin (*wind turbine*) dalam pemenuhan beban yang dibutuhkan. Kebutuhan proses *summing* sendiri dari sistem *buck converter* adalah tegangan maksimum 30

Volt. Dalam sistem *buck converter* terdapat komponen - komponen penting, yaitu sebagai berikut :

a. MOSFET

MOSFET (*metal oxide semiconductor field-effect transistor*) pada rangkaian *buck converter* berfungsi sebagai piranti *switching*. Adapun MOSFET yang digunakan adalah IRFP460, seperti pada gambar 3.6.



**Gambar 3 6** Mosfet IRFP 460

MOSFET IRFP 460 dapat bekerja dengan frekuensi *switching* tinggi. Tegangan maksimum  $V_{DSS}$  (tegangan *drain-to-source*) sebesar 500 Volt yang sesuai dengan inputan untuk *buck converter* ini sebesar 320 Volt dengan  $I_D$  pada mosfet tersebut sebesar 20 A (terdapat pada lampiran D).

b. Dioda

Dioda digunakan untuk mengalirkan arus saat induktor *core* dalam keadaan *discharge*. Dioda yang digunakan adalah 1N4007 seperti pada gambar 3.7 (keterangan terdapat pada lampiran E).





**Gambar 3 7** Diode 1N4007

c. Induktor

Induktor berfungsi menjaga arus konstan ketika terjadi fluktuasi arus pada rangkaian. Perhitungan untuk mencari nilai induktor yang dibutuhkan dan desain pembuatan sesuai dengan rumus persamaan (2.27) sampai dengan persamaan (2.47).

d. Kapasitor

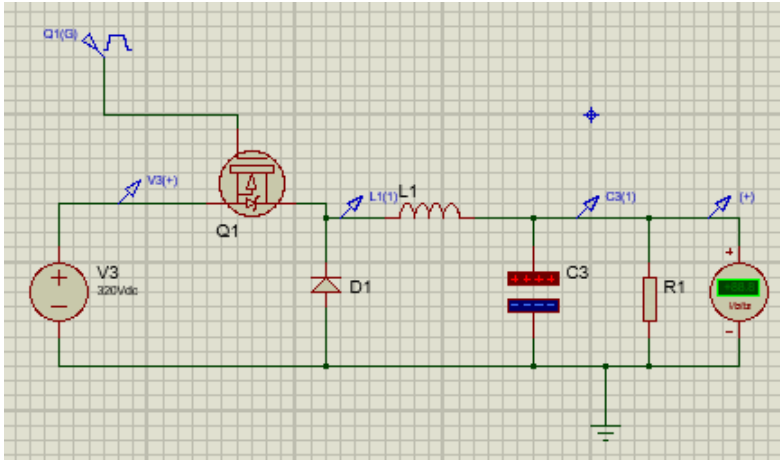
Kapasitor dalam rangkaian *buck converter* dibuat dengan memperhatikan faktor tegangan *ripple* yang terjadi. Adapun perhitungan besar nilai kapasitansi sesuai dengan rumus persamaan (2.19).

e. Resistor

Resistor berfungsi sebagai penahan arus yang mengalir. Sehingga dapat menghasilkan tegangan pada terminal yang sebanding dengan arus listrik yang melewatinya sesuai dengan hukum Ohm. Nilai resistor ditentukan sebagai beban pada rangkaian. Pada pembuatan *buck converter* ini dilakukan variasi beban untuk melihat karakteristik dari rangkaian tersebut dan hubungan dengan tegangan keluaran.

*Buck converter* bekerja menurunkan dengan mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) dengan sistem *open loop*. Berikut adalah perancangan desain dan pembuatan *hardware buck converter* :

Dari penjelasan komponen – komponen penyusun penting dalam membuat desain rangkain *buck converter*, yaitu MOSFET, diode, induktor dan kapasitor seperti pada gambar 3.8



**Gambar 3 8** Rangkaian Dasar Penyusun Buck Converter

Berdasarkan gambar 3.8 rangkaian *buck converter* menggunakan MOSFET tipe NPN yaitu  $Q_1$  yang dipasang secara seri. Kaki drain MOSFET terhubung dengan tegangan input (+). Kaki gate MOSFET terhubung dengan rangkaian kontrol dimana sebagai piranti saklar atau *switching* dengan frekuensi tinggi yang telah ditetapkan. Sedangkan kaki source MOSFET dihubungkan dengan salah satu kaki diode  $D_1$  (-).

Pada rangkaian *buck converter* juga terdapat induktor dengan pembuatan diusahakan tidak saturasi dengan komponen atau pun rangkaian lainnya. Agar dapat secara maksimal dalam menangani fluktuasi arus yang terjadi. Induktor ini dipasang seri dengan kaki diode  $D_1$  (-) dan kaki kapasitor  $C_3$  (+). Kapasitor yang digunakan adalah jenis kapasitor polar. Sedangkan resistor  $R_1$  disusun secara

paralel dengan kapasitor dan diode. Resistor ini akan divariasikan sebagai beban untuk melihat tegangan yang dikeluarkan. Kaki diode  $D_1$  (+) akan masuk ground dengan kaki kapasitor  $C_3$  (-) dan salah satu kaki resistor  $R_1$ .

Pada Tugas Akhir ini dirancang rangkaian *buck converter* dengan ketentuan sebagai berikut:

Tegangan input ( $V_{in}$ ) = 320 Vdc

Tegangan output ( $V_{out}$ ) = 30 Vdc

Arus maksimum ( $I_{out}$ ) = 10 A

$f = 20\text{kHz}$

Duty Cycle (D):

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{30}{320} = 0,09375$$

Arus rata-rata di induktor:

$$I_L = \frac{V_o}{R} = \frac{30}{1000} = 0,03 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = 0,2 \times I_L$$

$$\Delta I_L = 0,2 \times 0,03$$

$$\Delta I_L = 0,006 \text{ A}$$

Nilai induktor:

$$L_{min} > \frac{(1 - D)R}{2f}$$

$$L_{min} > \frac{(1 - 0,09375) \times 1000}{2 \times 20000}$$

$$L_{min} > \frac{906,25}{40000}$$

$$L_{min} > 0,02265625 \text{ H} \approx 0,023 \text{ H} = 23 \text{ mH}$$

Kapasitor output:

$$\Delta V_o = \pm 2\% \times V_o = 0,02 \times 30 = 0,6 \text{ V}$$

$$C = \frac{V_o(1-D)}{8L\Delta V_o f_s^2}$$

$$C = \frac{30(1-0,09375)}{8 \times 23 \times 10^{-3} \times 0,6 \times (20 \times 10^3)^2}$$

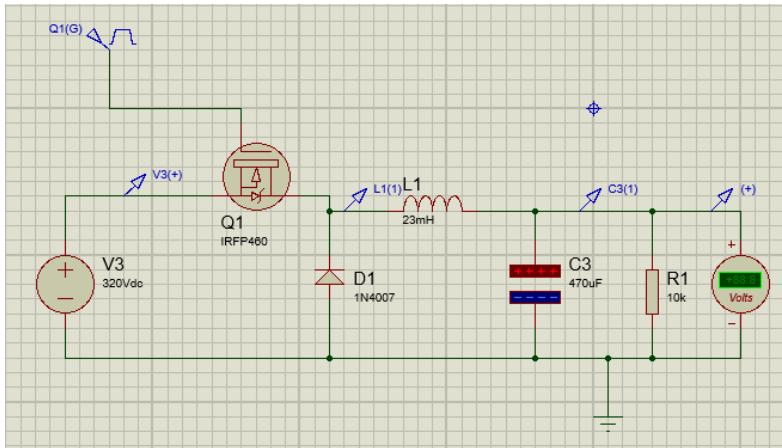
$$C = \frac{27,1875}{44160000}$$

$$C = 6,156 \times 10^{-7} \text{ F}$$

$$C = 61,56 \mu\text{F}$$

Dengan menyesuaikan nilai kapasitor yang ada, maka digunakan kapasitor sebesar  $100 \mu\text{F}$  450V.

Dari hasil perhitungan rancangan *buck converter* diatas, maka dapat dibuat simulasi rangkaian *buck converter* dengan menggunakan Proteus pada gambar 3.9 sebagai berikut.



**Gambar 3 9** Simulasi Rangkaian Buck Converter

Dengan rangkaian simulasi diatas, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Desain Induktor untuk *buck converter*

Berdasarkan hasil perhitungan induktor *buck converter* diatas, diketahui:

$$D = 0,09375$$

$$L = 23 \text{ mH}$$

Kemudian dilakukan perhitungan arus yang mengalir pada induktor sebagai berikut.

Perubahan Arus:

$$\begin{aligned} \Delta I_L &= 0,2 \times I_L \\ &= 0,2 \times 0,03 \\ &= 0,006 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus maksimum induktor:

$$I_{max} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$I_{max} = 0,03 + \frac{0,006}{2}$$

$$I_{max} = 0,03 + 0,003$$

$$I_{max} = 0,033 \text{ A}$$

Arus rms pada induktor :

$$I_{Lrms} = \sqrt{I_L^2 + \left(\frac{\Delta I_L/2}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$I_{Lrms} = \sqrt{0,033^2 + \left(\frac{0,006/2}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$I_{Lrms} = \sqrt{1,089 \times 10^{-3} + \left(\frac{0,003}{1,73}\right)^2}$$

$$I_{Lrms} = \sqrt{1,089 \times 10^{-3} + 3,006756}$$

$$I_{Lrms} = \sqrt{3,007845}$$

$$I_{Lrms} = 1,7343 \approx 1,7 \text{ A}$$

Prosedur mendesain induktor dapat diikuti dengan langkah - langkah berikut :

- a. Menentukan ukuran inti besi (core size)

Pada desain induktor ini spesifikasi sebagai berikut:

$$A_c = 2,14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diameter} = 1,5 \text{ cm}$$

$$B = 0,25 \text{ Tesla}$$

- b. Menentukan jumlah lilitan sesuai dengan persamaan (2.46) berikut.

$$n = \frac{LI_{max}}{B_{max}A_c} 10^4$$

$$n = \frac{23 \times 10^{-3} \times 0,033}{0,25 \times 2,14} 10^4$$

$$n = \frac{7,59 \times 10^{-4}}{0,535} 10^4$$

$$n = 14,186 \approx 14 \text{ sampai dengan } 15 \text{ lilitan}$$

- c. Menentukan ukuran kawat

Dari hasil perhitungan telah didapatkan nilai arus efektif (IL rms) yang melewati induktor sebesar 1,7 Ampere. Sehingga digunakan kawat dengan diameter 0,2 mm atau dapat menggunakan kawat jenis AWG 24.

$$dw = \sqrt{\frac{4 \times q \times w}{\pi}} \quad ; \text{diketahui nilai dw adalah } 0,5 \text{ mm}$$

$$0,5 = \sqrt{\frac{4 \times q \times w}{3.14}}$$

$$0.25 = \frac{4 \times q_w}{3.14}$$

$$q_w = 0.19 \text{ mm}$$

$$\text{split} = \frac{IL(\text{avg})}{A} = \frac{IL(\text{avg})}{q_w \times J} = \frac{7}{0.19 \times 4.5} = 8.1$$

Jadi, panjang kawat yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} L &= 1.4 (N \times A_{\text{bobin}} \times \text{split}) \\ &= 1.4 (21 \times 5.24 \times 8) \\ &= 12,35 \text{ meter} \\ &= 13 \text{ meter} \end{aligned}$$

Panjang kawat tiap split adalah 1.604 m

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan hasil yaitu nilai induktansi sebesar  $L_{\text{min}} > 23\text{mH}$ . Sehingga dilakukan pembuatan induktor dengan komponen sesuai perhitungan. Inti yang digunakan untuk menggulung kawat pada induktor ini adalah inti ferit dengan bentuk toroid. Menggunakan bentuk toroid dikarenakan agar mendapatkan nilai induktansi lebih besar dan dimensi lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan solenoid, seperti pada gambar 3.10. Bentuk toroid yang melingkar menyebabkan medan induksinya tertutup sehingga tidak ada garis gaya magnet yang keluar dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan. Induktor ini menggunakan inti ferit berwarna hijau.





**Gambar 3 10** Induktor Bentuk Toroid

Pembuatan induktor dilakukan dengan melakukan dua percobaan dengan nilai induktansi berbeda agar dapat melihat hasil tegangan keluaran serta karakteristik dari rangkaian *buck converter*. Percobaan pertama dilakukan dengan menggulung kawat dengan mendapatkan hasil sebesar 23,2 mH seperti pada gambar 3.11 dengan menggunakan LCR meter.



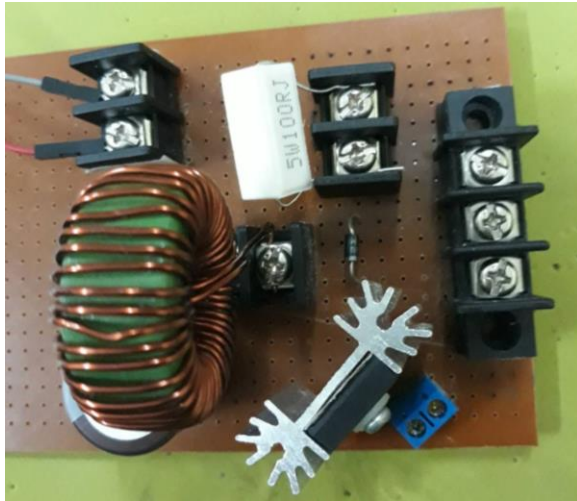
**Gambar 3 11** Hasil Uji Nilai Induktor Pada Percobaan 1

Nilai induktor pada percobaan pertama disesuaikan dengan perhitungan nilai  $L$  minimal, yaitu 23 mH. Namun pada keadaan nyata, jumlah gulungan kawat tidak sesuai dengan perhitungan. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan proses cara penggulangan tidak sesuai atau splitnya tidak sesuai. Sehingga untuk mendapatkan nilai induktor sebesar 23,2 mH dibutuhkan lebih dari 15 lilitan.



**Gambar 3 12** Hasil Uji Nilai Induktor Pada Percobaan 2

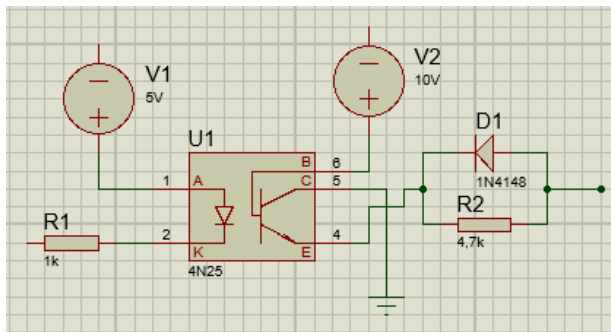
Percobaan kedua dilakukan dengan nilai induktor lebih besar dari nilai minimal kebutuhan induktor pada rangkaian *buck converter*. Dan didapatkan nilai induktor sebesar 41,6 mH dengan lilitan (gulungan kawat) lebih besar dari 15 lilitan. Adapun hardware dari perancangan (desain) rangkaian *buck converter* seperti pada gambar 3.13 berikut.



**Gambar 3 13** Hardware Rangkaian Buck Converter

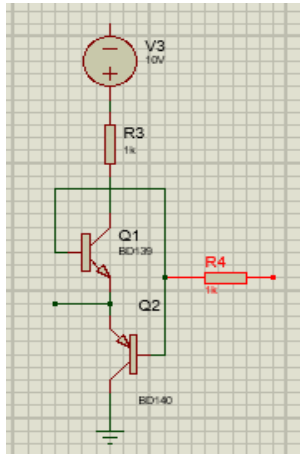
### 3.4 Perancangan Rangkaian Optocoupler dan Transistor Gate Driver

Rangkaian optocoupler dan transistor gate driver yang digunakan pada Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 3.16. Rangkaian octoupler dibuat dengan menggunakan TLP250 (bersifat *non-inverting low side mosfet driver*). Rangkaian dasar TLP250 yang digunakan seperti pada gambar 3.14 berikut.



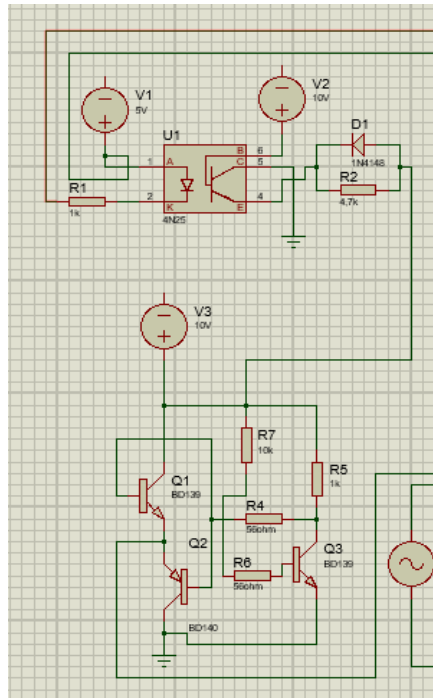
**Gambar 3 14** Simulasi Rangkaian Octocoupler

Pada gambar 3.13, simulasi yang dilakukan tidak menggunakan komponen opto tipe TLP250 dikarenakan pada *software* Proteus hanya ada komponen opto tipe 4N25. TLP250 seperti *driver* lainnya, memiliki tahap input, tahap output, dan koneksi catu daya. Yang istimewa tentang TLP250 adalah *driver* yang terisolasi secara optik, yang berarti bahwa input dan output "terisolasi secara optik". Isolasi adalah optik - tahap *input* adalah LED dan tahap penerimaan *output* sensitif terhadap cahaya. Sedangkan rangkain transistor *gate driver* MOSFET (rangkain *toetempole*) menggunakan transistor tipe NPN BD 139 dan tipe PNP 140, seperti pada gambar 3.15 berikut.



**Gambar 3 15** Simulasi Rangkaian Gate Driver Mosfet

Rangkaian gate driver MOSFET dibuat dengan disesuaikan tipe MOSFET yang digunakan. Jadi, ada lagi rangkaian *toetempole* bertingkat. Rangkaian *optocoupler* dan *transistor gate driver* MOSFET pada Tugas Akhir ini dibuat seperti pada gambar 3.17. Berdasarkan gambar 3.17 dapat dilihat bahwa rangkaian *octoupler* dirangkai secara seri dengan rangkaian *transistor gate driver*, dimana rangkaian *optocoupler* mendapatkan masukan dari mikrokontroler berupa sinyal PWM dengan tegangan sebesar 5 Volt. Sedangkan rangkaian *transistor gate driver* mendapatkan tegangan masukan sebesar 10 Volt.



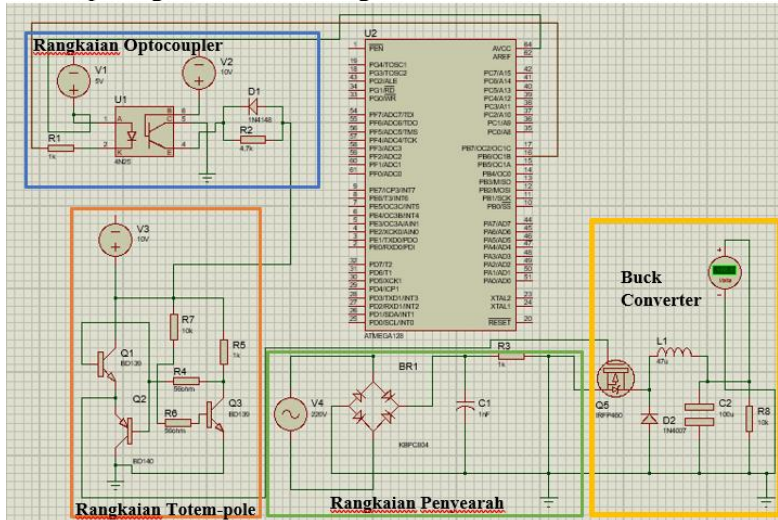
**Gambar 3 16** Rangkaian Optocoupler dan Transistor Gate Driver  
Adapun prinsip kerja dari rangkaian *optocoupler* dan *transistor gate driver* dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut.

**Tabel 3 1** Prinsip Kerja Rangkaian Optocoupler

Komponen	Kondisi 1	Kondisi 2
Mikrokontroler	<i>High</i>	<i>Low</i>
<i>Optocoupler</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
NPN BD 139 (1)	<i>Off</i>	<i>On</i>
NPN BD 139 (2)	<i>On</i>	<i>Off</i>
PNP BD 140	<i>Off</i>	<i>On</i>
MOSFET	<i>On</i>	<i>Off</i>

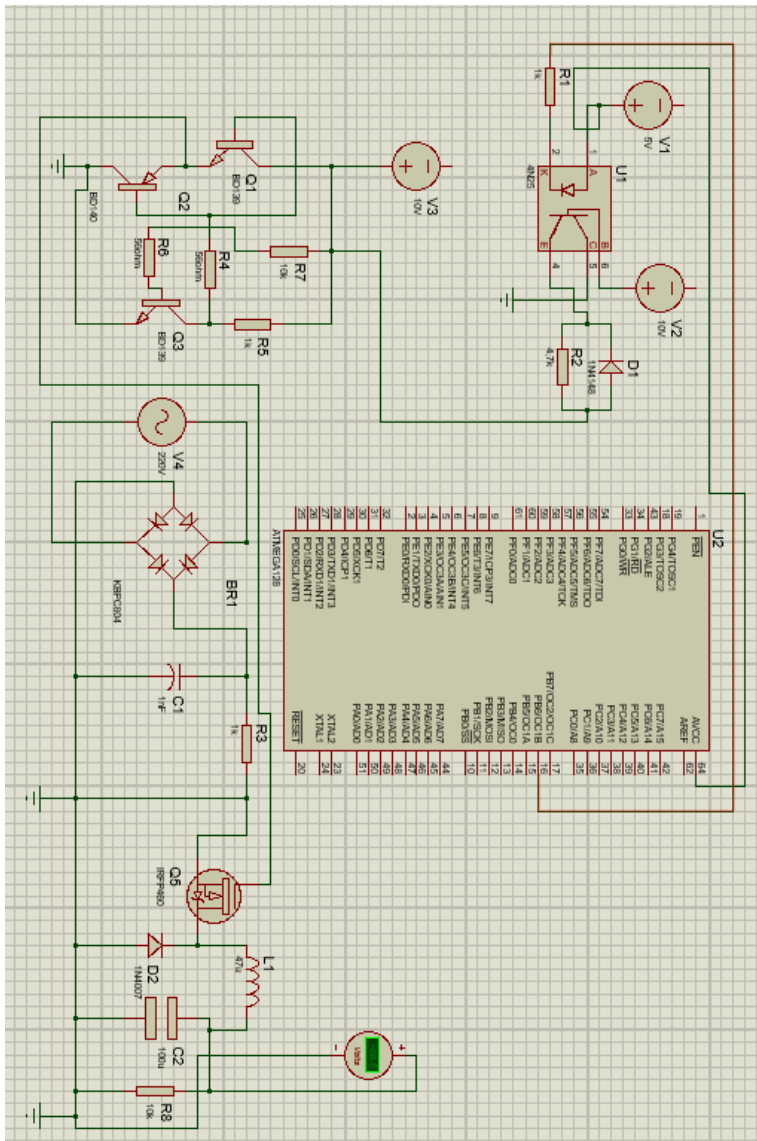
### 3.5 Perancangan dan Simulasi Seluruh Rangkaian pada Sistem Buck Converter

Setelah dilakukan perancangan, perhitungan dan simulasi setiap rangkaian pendukung pada sistem *buck converter* serta pembuatan *hardware*, maka didapatkan rangkaian keseluruhan sistem pada gambar 3.17 sebagai berikut.



**Gambar 3.17** Rangkaian Keseluruhan Sistem Buck Converter

Berdasarkan gambar 3.17 dapat diketahui beberapa rangkaian penunjang *buck converter* selain rangkaian dasar *buck converter* itu sendiri. Rangkaian penunjang tersebut adalah rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan filter-C sebagai tegangan masukan rangkaian *buck converter*, rangkaian *totem-pole* atau *transistor gate driver* MOSFET, rangkaian *optocoupler* sebagai isolasi driver MOSFET agar rangkaian tinggi jika digabungkan dengan rangkaian tegangan rendah tidak terjadi gangguan. Sebaliknya, demikian juga tegangan rendah tidak berpengaruh. Untuk lebih jelas, rangkaian simulasi keseluruhan sistem pada *buck converter* dapat dilihat pada gambar 3.18.



## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

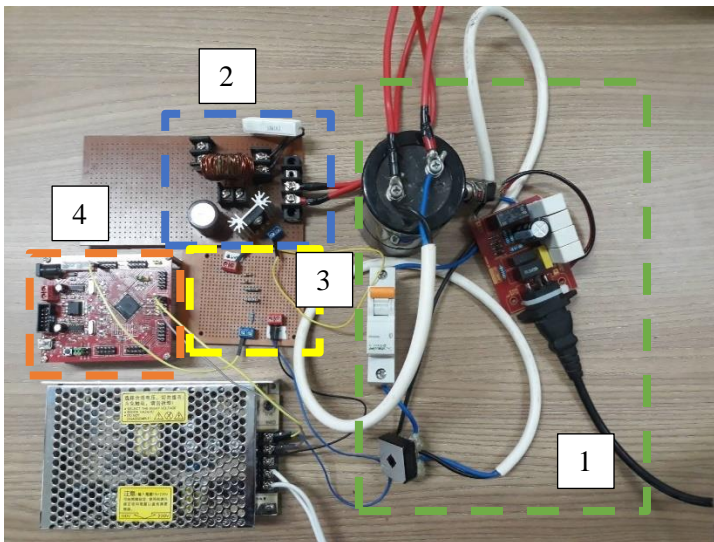
Pada bab IV dibahas tentang pengujian terhadap sistem yang dibangun disertai dengan analisa data yang dihasilkan. Pengujian sistem menyangkut beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengujian *Rectifier* (Penyearah)
2. Pengujian *Buck Converter*

Beberapa alat yang digunakan dalam pengujian alat, yaitu:

1. Genset (jala – jala listrik PLN sebagai pengganti)
2. Osiloskop
3. Multimeter

Sebelum dilakukan pengujian rangkaian, dapat dilihat pada gambar 4.1 merupakan hardware pada sistem buck converter, sebagai berikut.



**Gambar 4 1** Hardware Keseluruhan Sistem Buck Converter



Berdasarkan gambar 4.1 terdapat beberapa penempatan rangkaian penunjang pada sistem *buck converter*, diantaranya :

1. Rangkaian *rectifier* (rangkaiannya penyearah)
2. Rangkaian *buck converter*
3. Rangkaian *gate driver* MOSFET
4. Mikrokontroler ATmega128

#### 4.1. Pengujian Rectifier

Percobaan *rectifier* (rangkaiannya penyearah) dilakukan dengan suplai tegangan dari jala – jala listrik PLN sebesar 220 VAC dengan menggunakan voltmeter. Pada rangkaian *rectifier* tersebut menggunakan *smoothing capacitor* sebagai perata filter sebesar 2200MFD. Untuk pengujian ini tidak menggunakan genset, namun diuji coba lagi dengan menggunakan jala – jala listrik PLN. Sebelum melakukan uji coba *smoothing capacitor rectifier*, dilakukan uji coba terhadap rangkaian *rectifier* tanpa filter C. Sehingga didapatkan salah satu nilai hasil uji coba rangkaian *rectifier* tanpa *filter* C sebesar 207,9Vdc seperti pada gambar 4.1 berikut.



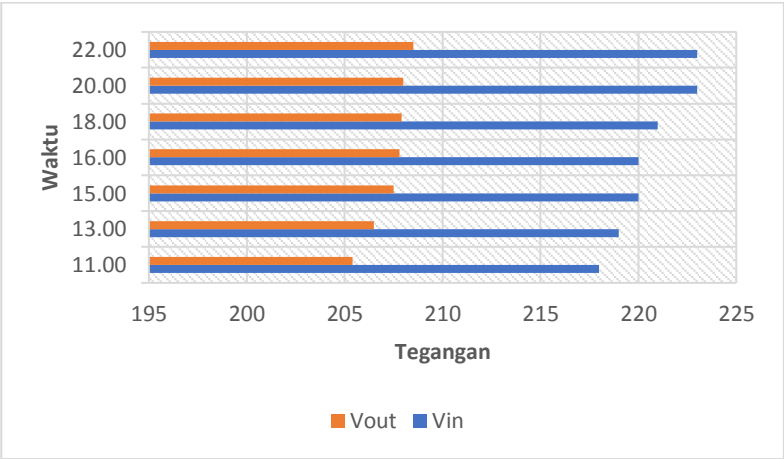
**Gambar 4 2** Hasil Pengujian Rectifier Tanpa Filter C Menggunakan Multimeter

Adapun data hasil pengujian *rectifier* tanpa kapasitor atau filter-c sebagai berikut:

**Tabel 4 1** Hasil Uji Rectifier Tanpa Filter C

No	Vin	Vout	Waktu
1	218	205,4	11.00
2	219	206,5	13.00
3	220	207,5	15.00
4	220	207,8	16.00
5	221	207,9	18.00
6	223	208	20.00
7	223	208,5	22.00
8	224	300	24.00

Pengujian rangkaian *rectifier* dilakukan dengan jeda waktu setiap percobaan adalah dua jam dalam sehari pengujian. Berdasarkan hasil uji rangkaian *rectifier* tanpa filter-c pada tabel 4.1, didapatkan grafik pada gambar 4.4 sebagai berikut.



**Gambar 4 3** Grafik Hasil Uji Rectifier Tanpa Filter C

Setelah dilakukan uji coba rangkaian *rectifier* tanpa filter-c tersebut, dilakukan uji coba dengan menggunakan filter kapasitor. Dimana *filter* tersebut dapat menghilangkan *ripple* (riak). Sehingga bentuk yang dihasilkan dapat hampir menyerupai bentuk DC murni, dapat dilihat pada gambar 4.5 dan seperti penjelasan pada tinjauan pustaka 2.1 tentang *rectifier*.



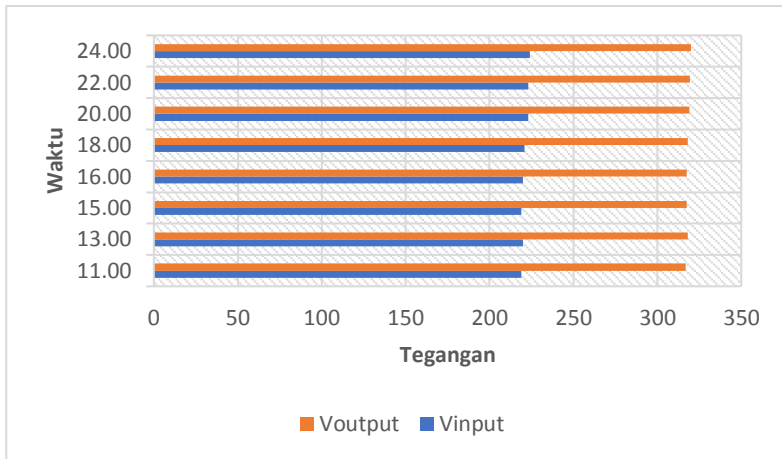
**Gambar 4 4** Bentuk Sinyal Hasil Uji Rectifier Dengan Filter C

Nilai hasil uji *rectifier* dengan menggunakan filter-c dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut.

**Tabel 4 2** Hasil Uji Rectifier Menggunakan Filter C

No	Vin	Vout	Waktu
1	219	317	11.00
2	220	318	13.00
3	219	317,5	15.00
4	220	317,5	16.00
5	221	318	18.00
6	223	319	20.00
7	223	319,5	22.00
8	224	320	24.00

Percobaan ini juga dilakukan dengan jeda waktu selama dua jam setiap pengujian. Dari tabel 4.2 dapat diketahui grafik pada gambar 4.5 sebagai berikut.



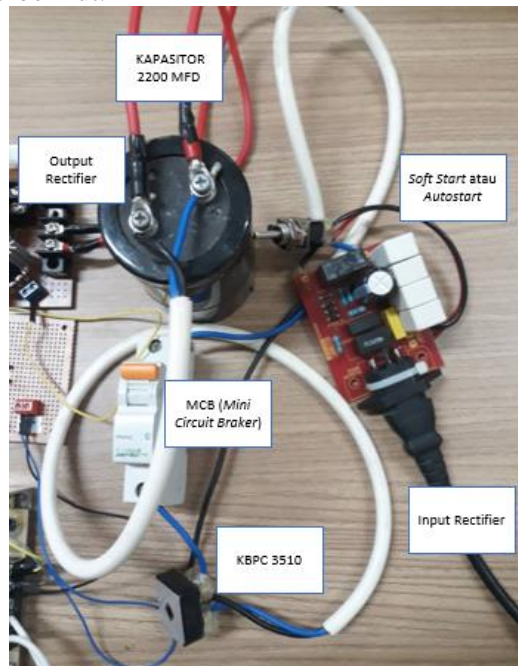
**Gambar 4 5** Grafik Hasil Uji Rectifier Menggunakan Filter C

Berdasarkan grafik 4.5 tegangan keluaran yang dihasilkan dalam beberapa waktu percobaan, selisih nilainya tidak begitu signifikan. Hal tersebut sebanding dengan nilai tegangan masukan yang selisihnya tidak jauh berbeda juga. Hasil tersebut di uji menggunakan multimeter pada gambar 4.2.



**Gambar 4 6** Hasil Pengujian Rectifier Filter C Menggunakan Multimeter

Adapun hardware pada rangkaian penyearah filter-c, seperti pada gambar 4.7 berikut.

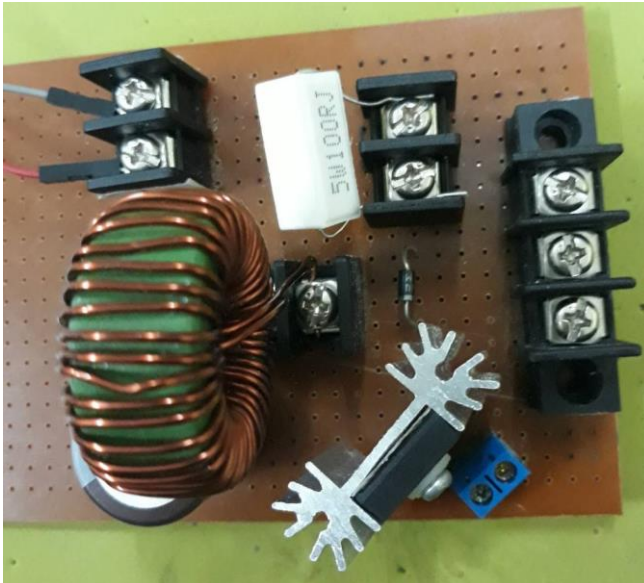


**Gambar 4 7** Hardware Rangkaian Penyearah Filter C

Hasil dari *rectifier* dengan menggunakan *filter C* tidak selalu sesuai dengan tegangan masukan *buck converter*, hal ini dapat disebabkan karena adanya *loss* tegangan dimana tegangan PLN yang mengalir belum pasti murni sebesar 220VAC. Pada pembuatan *hardware* tersebut terdapat *autostart* atau *soft start* berfungsi untuk mencegah listrik turun saat peralatan dihidupkan. Dan MCB (*mini circuit basic*) sebagai pengaman ketika ada lonjakan arus dari AC (*alternating current*) yang akan disearahkan menjadi DC (*direct current*).

#### 4.2. Pengujian Buck Converter

Pada pengujian rangkaian *buck converter* dilakukan dengan menggunakan osiloskop dan multimeter. Pembuatan rangkaian *buck converter* dilakukan sesuai dengan hasil perancangan, perhitungan, dan simulasi. Sehingga sesuai dengan hardware pada gambar 4.8 berikut.



**Gambar 4 8** Hardware Rangkaian Buck Converter

Pengujian *buck converter* dilakukan dengan melakukan variasi resistor dan *duty cycle* untuk mengetahui tegangan keluaran yang dihasilkan. Serta mengetahui nilai efisiensi yang didapatkan dari hasil uji coba. Sehingga dapat mengetahui karakteristik dari rangkaian *buck converter*. Pada pengujian dilakukan menggunakan dua induktor dengan nilai berbeda, yaitu 23,2 mH dan 41,6 mH.

### Pengujian Buck Converter Beban Resistif

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui tegangan masukan, tegangan keluaran, arus masukan dan arus keluaran dari *buck converter* pada saat dibebani beban resistif dengan bervariasi. Adapun hasil uji pada pengujian *buck converter* beban resistif tertera pada tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.6 sebagai berikut.

**Tabel 4 3** Hasil Uji Coba Beban 1K Dengan Induktor 23,3 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,02	160	0,15	1k	23,2
25%	320	0,04	198	0,16	1k	23,2
50%	320	0,05	235	0,16	1k	23,2
75%	320	0,07	250	0,17	1k	23,2
90%	320	0,10	280	0,19	1k	23,2

**Tabel 4 4** Hasil Uji Coba Beban 3K9 Dengan Induktor 23,2 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,02	207	0,1	3k9	23,2
25%	320	0,04	221	0,15	3k9	23,2
50%	320	0,05	247	0,17	3k9	23,2
75%	320	0,07	287	0,19	3k9	23,2
90%	320	0,10	297	0,21	3k9	23,2

**Tabel 4 5** Hasil Uji Coba Beban 470Ohm Dengan Induktor 23,2 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,02	152	0,11	470	23,2
25%	320	0,04	193	0,14	470	23,2
50%	320	0,05	230	0,17	470	23,2
75%	320	0,07	257	0,21	470	23,2
90%	320	0,10	287	0,23	470	23,2

**Tabel 4 6** Hasil Uji Coba Beban 100Ohm Dengan Induktor 23,2 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,02	148	0,13	100	23,2
25%	320	0,04	173	0,16	100	23,2
50%	320	0,05	190	0,17	100	23,2
75%	320	0,07	202	0,19	100	23,2
90%	320	0,10	267	0,23	100	23,2

Pada tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.6 menggunakan induktor sebesar 23,2 mH. Sedangkan hasil uji rangkaian *buck converter* dengan menggunakan induktor 41,6 mH terdapat pada tabel 4.8 sampai dengan table 4.10 sebagai berikut.

**Tabel 4 7** Hasil Uji Coba Beban 1K Dengan Induktor 41,6 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,05	37,6	0,12	1k	41,6
25%	320	0,07	61,2	0,14	1k	41,6
50%	320	0,12	150,8	0,17	1k	41,6
75%	320	0,13	181,3	0,18	1k	41,6
90%	320	0,18	210,5	0,21	1k	41,6

**Tabel 4 8** Hasil Uji Coba Beban 470Ohm Dengan Induktor 41,6 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,04	47	0,12	470	41,6
25%	320	0,08	110	0,16	470	41,6
50%	320	0,1	157,7	0,19	470	41,6
75%	320	0,13	237,3	0,22	470	41,6
90%	320	0,18	247	0,26	470	41,6



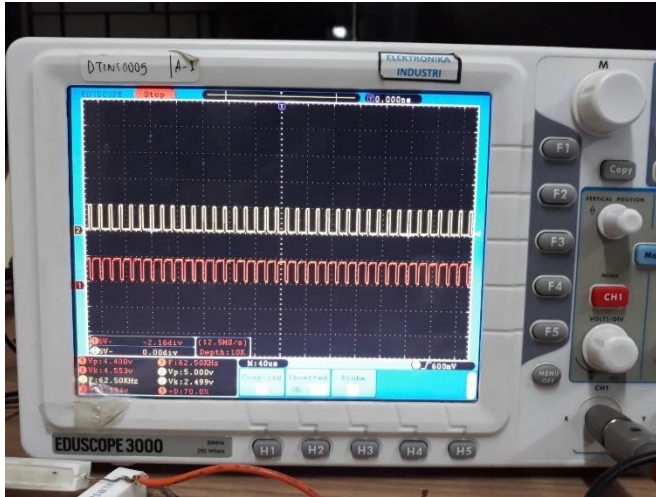
**Tabel 4 9** Hasil Uji Coba Beban 220Ohm Dengan Induktor 41,6 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,03	69	0,09	220	41,6
25%	320	0,05	89	0,12	220	41,6
50%	320	0,08	167	0,15	220	41,6
75%	320	0,09	184,6	0,21	220	41,6
90%	320	0,24	263	0,27	220	41,6

**Tabel 4 10** Hasil Uji Coba Beban 100Ohm Dengan Induktor 41,6 mH

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Resistor ( $\Omega$ )	L (mH)
10%	320	0,09	148	0,12	100	41,6
25%	320	0,13	173	0,16	100	41,6
50%	320	0,15	190	0,17	100	41,6
75%	320	0,22	224	0,23	100	41,6
90%	320	0,26	267	0,28	100	41,6

Berdasarkan data hasil uji pada tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.10, pengujian rangkaian *buck converter* terhadap beban resistif dilakukan dengan melakukan variasi lebar pulsa atau *duty cycle* pada setiap uji coba beban. *Duty cycle* pada saat melakukan uji rangkaian *buck converter* diatur mulai dari 10%, 25%, 50%, 75%, dan 90%. Adapun *duty cycle* tersebut diatur dan dibangkitkan menggunakan mikrokontroler ATmega128 dengan frekuensi switching 20kHz. Sehingga dapat menghasilkan sinyal (gelombang) PWM, salah satunya seperti pada gambar 4.9. Sistem kontrol ini adalah sistem *open loop*. Dari beberapa data tersebut, dapat diambil salah satu hasil uji lebar pulsa 75% pada resistor 1k  $\Omega$ , induktor 23,2 mH dengan menggunakan perbandingan hasil teoritik seperti pada persamaan (2.22). Adapun bentuk gelombang PWM yang dihasilkan pada lebar pulsa 75% seperti pada gambar 4.9 berikut.



**Gambar 4 9** Bentuk Sinyal PWM Dengan Duty Cycle 75%

Sinyal berwarna kuning merupakan sinyal keluaran dari mikrokontroler setelah diatur lebar pulsa sebesar 25%. Sedangkan sinyal berwarna merah merupakan sinyal keluaran dari rangkaian *gate driver* MOSFET dengan lebar pulsa sebesar 75%. Jadi sinyal yang dihasilkan oleh mikrokontroler dengan rangkaian *gate driver* MOSFET berkebalikan. Hal ini dikarenakan pada rangkaian *gate driver* MOSFET menggunakan TLP 250 yang bersifat *inverting*. Sehingga jika menginginkan *gate on* sebesar 75% dan 25% *off*, maka pada mikrokontroler diatur berkebalikan menjadi 25% *on* dan 75% *off*.

Perbandingan nilai hasil uji lebar pulsa 75% dengan teoritik sesuai pada persamaan (2.22) adalah sebagai berikut :

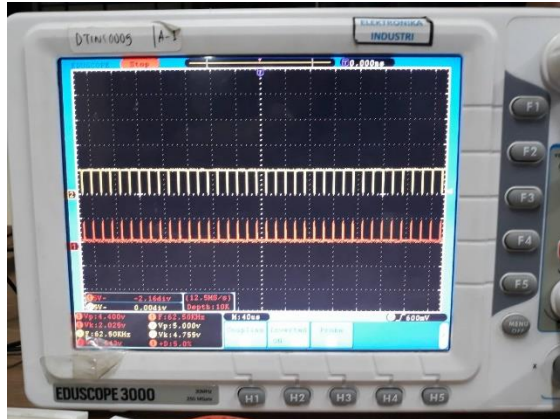
$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{75}{100} = \frac{V_{out}}{320}$$

$$V_{out} = 240 \text{ Volt}$$

Nilai yang didapatkan berdasarkan teoritik (perhitungan) dengan lebar pulsa 75%, tegangan keluaran sebesar 240 Volt. Sedangkan nilai hasil uji parasitik (pengukuran) menggunakan multimeter sebesar 250 Volt. Selisih nilai tegangan ini terjadi akibat nilai resistansi parasitik yang terdapat pada tiap titik komponen, terutama komponen L dan jalur konduksi ketika rangkaian dioperasikan secara bersama. Pada uji coba menggunakan induktor 23,2 mH nilai tegangan keluaran terkecil didapatkan pada beban resistif sebesar 100 ohm dengan lebar pulsa 10%, yaitu 148 Volt.

Pada pengujian rangkaian *buck converter* terhadap beban resistif dengan menggunakan induktor 41,6 mH, didapatkan hasil tegangan keluaran terkecil yaitu 37 Volt dengan beban sebesar 1k ohm. Lebar pulsa pada uji coba tersebut sebesar 10%. Adapun bentuk gelombang PWM yang dihasilkan pada lebar pulsa 10% seperti pada gambar 4.10 berikut.



**Gambar 4 10** Bentuk Sinyal PWM Dengan Duty Cycle 10% Berdasarkan gambar 4.10 bentuk sinyal (gelombang) PWM berkebalikan antara bentuk hasil sinyal warna merah dengan bentuk hasil sinyal warna kuning. Seperti pembahasan pada sebelumnya, hal tersebut dikarenakan pada rangkaian *gate driver* MOSFET

bersifat *inverting*. Sehingga waktu yang digunakan ketika *gate on* pada MOSFET (bentuk sinyal berwarna merah) sebesar 10% dan 90% *off*, sedangkan pada mikrokontroler waktu yang digunakan untuk *on* sebesar 90% dan waktu *off* sebesar 10% (bentuk sinyal berwarna kuning).

Nilai yang dihasilkan teoritik pada percobaan induktor 41,6 mH dengan beban resistif sebesar 1k ohm diatur lebar pulsa 10%, yaitu sesuai dengan persamaan (2.22) berikut.

$$= \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\frac{10}{100} = \frac{V_{out}}{320}$$

$$V_{out} = 32 \text{ Volt}$$

Tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 32 Volt. Sedangkan hasil uji coba parasitik (pengukuran) sebesar 37 Volt. Selisih kedua tegangan keluaran sebesar 5 Volt. Maka error yang terjadi dapat diketahui sebagai berikut.

$$\%Error = \left[ \frac{\text{nilai terbaca} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai terbaca}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = \left[ \frac{37 \text{ V} - 32 \text{ V}}{37 \text{ V}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = \left[ \frac{5 \text{ V}}{37 \text{ V}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = [0,135 \times 100\%]$$

$$\%Error = 13,5 \%$$

Maka, error pembacaan yang terjadi sebesar 13,5%. Nilai tegangan keluaran 37 Volt mendekati nilai tujuan dari pembuatan *buck converter*, yaitu 30 Volt dengan selisih sebesar 7 Volt. Hal ini terjadi dapat dikarenakan nilai resistif, komponen L dimana induktor didesain dengan lilitan yang harapannya tidak terjadi saturasi dengan komponen lainnya pada rangkaian tersebut. Adapun besar error

$$\%Error = \left[ \frac{\text{nilai terbaca} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai terbaca}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = \left[ \frac{37 \text{ V} - 30 \text{ V}}{37 \text{ V}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = \left[ \frac{7 \text{ V}}{37 \text{ V}} \times 100\% \right]$$

$$\%Error = [0,189 \times 100\%]$$

$$\%Error = 18,9 \%$$

Nilai error yang terjadi sebesar 18,9% dimana dalam perhitungan (teoritik) untuk mendapatkan nilai tegangan sebesar 30 Volt, lebar pulsa yang dibutuhkan 0,09375 atau 9,375%. Sedangkan pada uji coba parasitik diatur lebar pulsa sebesar 10%.

Berdasarkan hasil tabel uji coba dari tabel 4.3 sampai dengan tabel 4.8 didapatkan kesimpulan bahwa tegangan keluaran pada rangkaian *buck converter* berubah sesuai dengan lebar pulsa atau *duty cycle* yang diatur. Semakin besar atau lama waktu *on* yang dibutuhkan, maka nilai tegangan akan semakin besar. Sebaliknya, ketika waktu *on* semakin kecil maka tegangan keluaran akan semakin kecil juga. Komponen lain seperti beban resistif berpengaruh terhadap keluaran arus.

### Pengujian Efisiensi Buck Converter

Efisiensi *buck converter* dapat dicari dengan cara menghitung perbandingan daya input ( $P_{in}$ ) dan daya output ( $P_{out}$ ) pada *buck converter* pada masing – masing percobaan, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:  $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$

$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$

Sehingga pengujian efisiensi dilakukan dengan memperhatikan nilai tegangan masukan, tegangan keluaran, arus masukan dan arus keluaran. Data hasil pengujian efisiensi *buck converter* seperti pada tabel 4.11 berikut.

**Tabel 4 11** Hasil Uji Efisiensi Buck Converter

Duty cycle	Vin (V)	Vout (V)	Resistor (Ω)	L (mH)	Iin (A)	Iout (A)	Efisiensi (%)
10%	320	37,6	1k	41,6	0,02	0,15	88,125
25%	320	61,2	1k	41,6	0,04	0,16	76,5
50%	320	150,8	1k	41,6	0,05	0,16	47,125
75%	320	181,3	1k	41,6	0,07	0,17	56,65
90%	320	210,5	1k	41,6	0,10	0,19	83,125

Data pengujian efisiensi *buck converter* dilakukan dengan menggunakan beban resistif 1k Ω dan nilai induktor 41,6 mH. Hal tersebut dikarenakan nilai tegangan keluaran sebesar 37 Volt yang dihasilkan mendekati nilai tegangan yang diinginkan yaitu 30 Volt.

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$Efisiensi = \frac{V_{out}I_{out}}{V_{in}I_{in}} \times 100\%$$

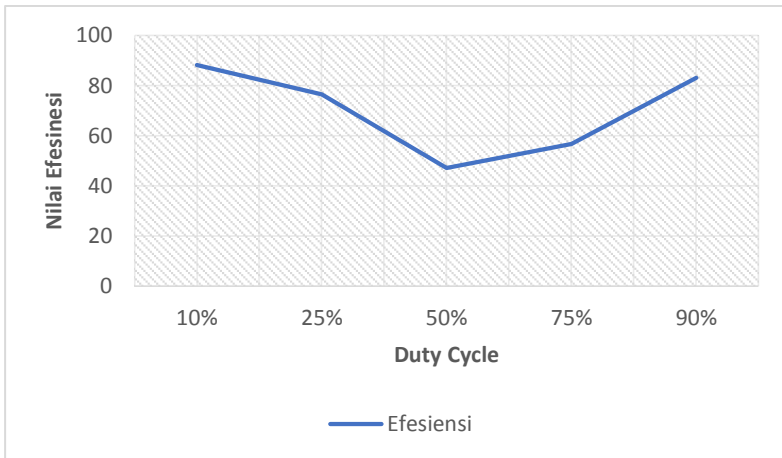
$$Efisiensi = \frac{37,6 \times 0,15}{320 \times 0,02} \times 100\%$$

$$Efisiensi = \frac{5,64}{6,4} \times 100\%$$

$$Efisiensi = 88,125\%$$

Perhitungan teoritik menggunakan salah satu hasil uji coba *buck converter*.

Adapun grafik hubungan *duty cycle* dengan nilai efisiensi yang dihasilkan seperti pada gambar 4.11 berikut.



**Gambar 4 11** Grafik Hubungan Duty Cycle Dengan Efisiensi

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi *buck converter* mulai turun dari *duty cycle* 10% sampai 50%. Kemudian nilai efisiensi naik lagi mulai dari *duty cycle* 50% sampai 90%. Nilai efisiensi terbesar yang didapatkan adalah 88,125% pada lebar pulsa sebesar 10% dengan tegangan keluaran 37 Volt. Seperti penjelasan sebelumnya, nilai efisiensi berpengaruh pada daya yang dihasilkan oleh rangkaian *buck converter*.





## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian rancang bangun *buck converter* DC-DC 320 V – 30 V didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan pembuatan input tegangan *buck converter* sebesar 320Vdc dengan suplai tegangan dari jala-jala listrik PLN. Pengujian dilakukan dengan waktu uji tertentu. Masing – masing waktu uji berjeda 2 jam dan menggunakan alat ukur multimeter.
2. Telah berhasil dibuat *buck converter* sesuai dengan perancangan, perhitungan dan simulasi. Juga telah dilakukan uji coba dengan variasi beban resistif yang digunakan yaitu 100 $\Omega$ , 220 $\Omega$ , 470 $\Omega$ , 1k $\Omega$  dan 3k9 $\Omega$ . Tegangan keluaran terkecil yang dihasilkan adalah 37 Volt dengan variasi beban resistif sebesar 1k $\Omega$  lebar pulsa diatur 10%. Tegangan tersebut mendekati nilai tegangan yang diharapkan yaitu 30 Volt dengan lebar pulsa 9,375%. Sehingga nilai error yang didapatkan sebesar 18,9%. Efisiensi terbesar yang dihasilkan ketika diberi beban resistif 1k $\Omega$  dengan tegangan masukan 320 V dan tegangan keluaran 37 Volt lebar *duty cycle* 10% yaitu sebesar 88,125%.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian pada tugas akhir ini, didapatkan saran sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan induktor, sebelum dilakukan pelilitan sebaiknya perhitungan harus diperhatikan agar tidak terjadi

peristiwa saturasi dengan komponen lain atau rangkaian lain.

2. Pembuatan gate driver MOSFET disesuaikan dengan kebutuhan MOSFET itu sendiri.
3. Berhati-hati dalam proses uji rangkaian, dipastikan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.
4. Perlu dilakukan pengembangan kedepannya agar dapat memenuhi kebutuhan perangkat alat elektronika atau pun lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] d. Juwito, "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya," *Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 15, pp. 22-23, 2012.
- [2] D. W. Hart, Introduction to Power Electronics International Edition, Upper Saddle River, NJ. : Prentice Hall; London : Prentice Hall International (UK), 1997.
- [3] K. Ahadi, "Rancang Bangun Buck Converter 12 Volt 60 Ampere menggunakan P-Channel Mosfet dan IGBT Tipe N," *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 11, pp. 53-66, 2012.
- [4] d. Suhardianto, "Pembuatan DC-DC Konverter 300 Volt Jenis Buck," *Transient*, vol. 4, pp. 297-298, 2015.
- [5] d. Setiwan, "Penggunaan Konverter Jenis Buck dengan Pemutus Tegangan Otomatis untuk Pengisi Akumulator," *Transient*, vol. 4, pp. 51-53, 2015.
- [6] I. Husnaini and dkk, "Implementasi Kompensator PI-LEAD pada Kestabilan Tegangan Keluaan Buck Converter," *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, vol. 7, pp. 96-97, 2014.
- [7] L. Yustisia, Rancang Bangun UPS Untuk Beban (900VA) Berbasis Mikrocontroller, Surabaya, 2011.
- [8] B. Saputro, "Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply dari PLN Mendadak Padam di Morodadi Poultry Shop Blitar," *Jurnal Qua Teknik*, vol. 7, p. 18, 2017.
- [9] O. Bishop, Dasar - Dasar Elektronika, Edisi Pertama, Jakarta, 2005.

## LAMPIRAN A

/\*\*\*\*\*

\*

This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
<http://www.hpinfotech.com>

Project :  
Version :  
Date : 09/07/2018  
Author : Windows User  
Company :  
Comments:

Chip type : ATmega128  
Program type : Application  
AVR Core Clock frequency: 11,000000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 1024

\*\*\*\*\*

/

```
#include <mega128.h>
```

```
// Declare your global variables here
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;
```

```
// Port B initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0xE0;
```

```
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;
```

```
// Port E initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTE=0x00;  
DDRE=0x00;
```

```
// Port F initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTF=0x00;  
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization  
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In  
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T  
PORTG=0x00;  
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 0 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC0 output: Disconnected  
ASSR=0x00;  
TCCR0=0x00;  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: 11000,000 kHz  
// Mode: Fast PWM top=0x00FF  
// OC1A output: Non-Inv.  
// OC1B output: Non-Inv.
```

```
// OC1C output: Non-Inv.  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer1 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off  
// Compare C Match Interrupt: Off  
TCCR1A=0xA9;  
TCCR1B=0x09;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;  
OCR1CH=0x00;  
OCR1CL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer2 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC2 output: Disconnected  
TCCR2=0x00;  
TCNT2=0x00;  
OCR2=0x00;
```

```
// Timer/Counter 3 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer3 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFFFF  
// OC3A output: Discon.
```

```
// OC3B output: Discon.  
// OC3C output: Discon.  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer3 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off  
// Compare C Match Interrupt: Off  
TCCR3A=0x00;  
TCCR3B=0x00;  
TCNT3H=0x00;  
TCNT3L=0x00;  
ICR3H=0x00;  
ICR3L=0x00;  
OCR3AH=0x00;  
OCR3AL=0x00;  
OCR3BH=0x00;  
OCR3BL=0x00;  
OCR3CH=0x00;  
OCR3CL=0x00;  
  
// External Interrupt(s) initialization  
// INT0: Off  
// INT1: Off  
// INT2: Off  
// INT3: Off  
// INT4: Off  
// INT5: Off  
// INT6: Off  
// INT7: Off  
EICRA=0x00;  
EICRB=0x00;  
EIMSK=0x00;
```



```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

ETIMSK=0x00;

// USART0 initialization
// USART0 disabled
UCSR0B=0x00;

// USART1 initialization
// USART1 disabled
UCSR1B=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=0x00;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

while (1)
{
    // Place your code here
    OCR1A=50;
```

```
OCR1B=25;  
OCR2=200;  
}  
}
```

## LAMPIRAN B

### Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 128K Bytes of In-System Reprogrammable Flash
    - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 4K Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 4K Bytes Internal SRAM
  - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
  - Programming Lock for Software Security
  - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines



**8-bit AVR®**  
**Microcontroller**  
**with 128K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

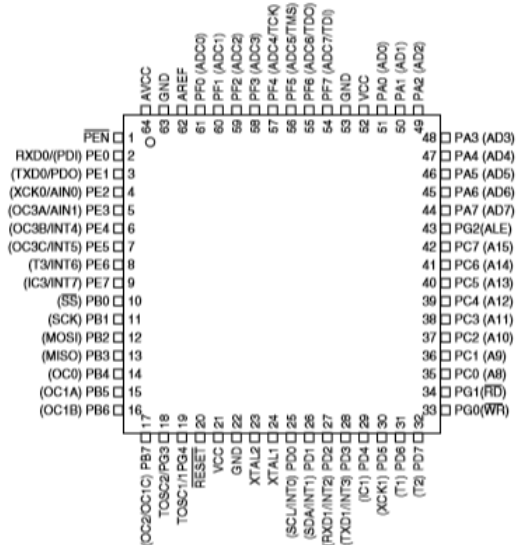
**ATmega128**  
**ATmega128L**

**Preliminary**



## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega128

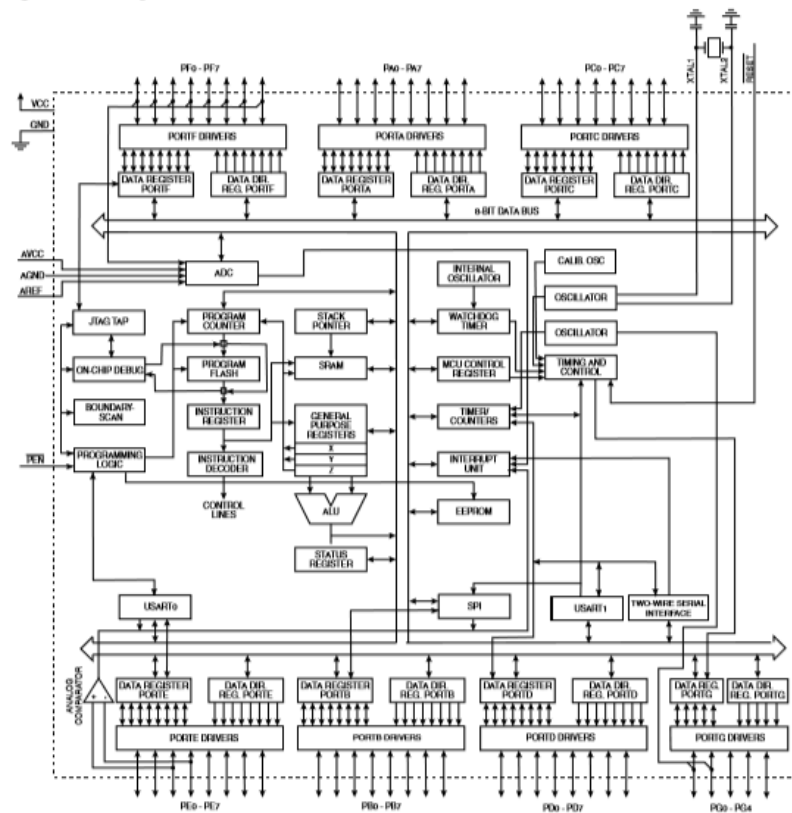


## Overview

The ATmega128 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega128 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The ATmega128 is 100% pin compatible with ATmega103, and can replace the ATmega103 on current Printed Circuit Boards. The application note "Replacing ATmega103 by ATmega128" describes what the user should be aware of replacing the ATmega103 by an ATmega128.

#### **ATmega103 Compatibility Mode**

By programming the M103C fuse, the ATmega128 will be compatible with the ATmega103 regards to RAM, I/O pins and interrupt vectors as described above. However, some new features in ATmega128 are not available in this compatibility mode, these features are listed below:

- One USART instead of two, Asynchronous mode only. Only the eight least significant bits of the Baud Rate Register is available.
- One 16 bits Timer/Counter with two compare registers instead of two 16-bit Timer/Counters with three compare registers.
- Two-wire serial interface is not supported.
- Port C is output only.
- Port G serves alternate functions only (not a general I/O port).
- Port F serves as digital input only in addition to analog input to the ADC.
- Boot Loader capabilities is not supported.
- It is not possible to adjust the frequency of the internal calibrated RC Oscillator.
- The External Memory Interface can not release any Address pins for general I/O, neither configure different wait-states to different External Memory Address sections.

In addition, there are some other minor differences to make it more compatible to ATmega103:

- Only EXTRF and PORF exists in MCUCSR.
- Timed sequence not required for Watchdog Time-out change.
- External Interrupt pins 3 - 0 serve as level interrupt only.
- USART has no FIFO buffer, so data overrun comes earlier.

Unused I/O bits in ATmega103 should be written to 0 to ensure same operation in ATmega128.

#### **Pin Descriptions**

##### **VCC**

Digital supply voltage.

##### **GND**

Ground.

##### **Port A (PA7..PA0)**

Port A is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port A pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port A also serves the functions of various special features of the ATmega128 as listed on page 67.

##### **Port B (PB7..PB0)**

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source

---

current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega128 as listed on page 68.

**Port C (PC7..PC0)**

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port C also serves the functions of special features of the ATmega128 as listed on page 71. In ATmega103 compatibility mode, Port C is output only, and the port C pins are **not** tri-stated when a reset condition becomes active.

**Port D (PD7..PD0)**

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega128 as listed on page 72.

**Port E (PE7..PE0)**

Port E is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port E output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port E pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port E pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port E also serves the functions of various special features of the ATmega128 as listed on page 75.

**Port F (PF7..PF0)**

Port F serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port F also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port F output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port F pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port F pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PF7(TDI), PF5(TMS), and PF4(TCK) will be activated even if a Reset occurs.

Port F also serves the functions of the JTAG interface.

In ATmega103 compatibility mode, Port F is an input Port only.

**Port G (PG4..PG0)**

Port G is a 5-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port G output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port G pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port G pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port G also serves the functions of various special features.

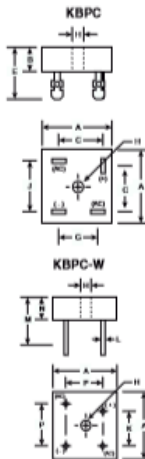
## LAMPIRAN C

**KBPC35005/W - KBPC3510/W**

### 35A BRIDGE RECTIFIER

## Features

- Diffused Junction
- Low Reverse Leakage Current
- Low Power Loss, High Efficiency
- Surge Overload Rating to 400A Peak
- Electrically Isolated Metal Case for Maximum Heat Dissipation
- Case to Terminal Isolation Voltage 1500V
- UL Listed: Recognized Component Index, File Number E95060



KBPC / KBPC-W		
Dim	Min	Max
A	28.40	28.70
B	10.97	11.23
C	15.50	17.60
E	22.06	25.40
G	13.30	15.30
H	Hole for #10 screw	
	4.85±	5.59±
J	17.10	19.10
K	10.40	12.40
L	0.97±	1.07±
M	30.50	—
N	10.97	11.23
P	17.10	19.10

All Dimensions in mm

"W" Suffix Designates Wire Leads  
No Suffix Designates Fast-on Terminals

**Maximum Ratings and Electrical Characteristics** @ T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise specified

Single phase, 60-Hz, resistive or inductive load.  
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	KBP235 005/W	KBP235 01/W	KBP235 02/W	KBP235 04/W	KBP235 06/W	KBP235 08/W	KBP235 10/W	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{WRM}$ $V_{BI}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
RMS Reverse Voltage	$V_{RRMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current ① $T_C = 55^\circ\text{C}$	$I_O$				35				A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	$I_{FSM}$				400				A
Forward Voltage (per element) ② $I_F = 17.5\text{A}$	$V_{FM}$				1.2				V
Peak Reverse Current ③ $T_C = -25^\circ\text{C}$ at Rated DC Blocking Voltage ④ $T_C = 125^\circ\text{C}$	$I_{RM}$				10 1.0				$\mu\text{A}$ mA
PT Rating for Fusing ( $t < 8.3\text{ms}$ ) (Note 3)	$P_T$				664				A <sup>2</sup> s
Typical Junction Capacitance (Note 2)	$C_j$				300				pF
Typical Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$				2.7				K/W
Operating and Storage Temperature Range	$T_J, T_{STG}$				-65 to +150				$^\circ\text{C}$



## LAMPIRAN D

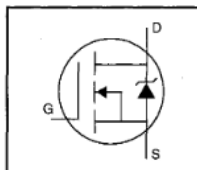
**International**  
**IR Rectifier**

PD-9.512B

**IRFP460**

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic  $dv/dt$  Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DS} = 500V$$

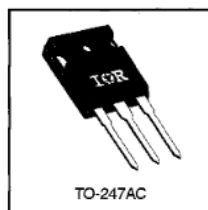
$$R_{DS(on)} = 0.27\Omega$$

$$I_D = 20A$$

### Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



DATA  
SHEETS

### Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	20	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	13	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	80	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	20	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
$dv/dt$	Peak Diode Recovery $dv/dt$ ③	3.5	V/ns

**Electrical Characteristics @  $T_J = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise specified)**

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V$ , $I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.63	—	$V/^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.27	$\Omega$	$V_{GS}=10V$ , $I_D=12A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}$ , $I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	13	—	—	S	$V_{DS}=50V$ , $I_D=12A$ ④
$I_{OSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS}=500V$ , $V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=400V$ , $V_{GS}=0V$ , $T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{DS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	210	nC	$I_D=20A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	29		$V_{DS}=400V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DS}=250V$
$t_r$	Rise Time	—	59	—		$I_D=20A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	110	—		$R_{\theta JA}=4.3^\circ\text{C/W}$
$t_f$	Fall Time	—	58	—		$R_{DS(on)}=13\text{m}\Omega$ See Figure 10 ④
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
$L_S$	Internal Source Inductance	—	13	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	4200	—	pF	$V_{GS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	870	—		$V_{DS}=25V$
$C_{res}$	Reverse Transfer Capacitance	—	350	—		$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5

**Source-Drain Ratings and Characteristics**

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	20	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	80		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}$ , $I_S=20A$ , $V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	570	860	ns	$T_J=25^\circ\text{C}$ , $I_F=20A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	5.7	8.6	$\mu C$	$dI/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

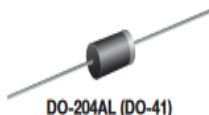
## LAMPIRAN E



1N4001 thru 1N4007

Vishay General Semiconductor

### General Purpose Plastic Rectifier



PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_F(AV)$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V to 1000 V
$I_{FSM}$ (8.3 ms sine-wave)	30 A
$I_{FSM}$ (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
$V_F$	1.1 V
$I_R$	5.0 $\mu$ A
$T_J$ max.	150 °C

#### FEATURES

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS  
COMPLIANT

#### TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

#### Note

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

#### MECHANICAL DATA

**Case:** DO-204AL, molded epoxy body  
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating  
Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

**Terminals:** Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

**Polarity:** Color band denotes cathode end

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
$V_{RRM}$	50 V to 1000 V
$I_{FSM}$ (8.3 ms sine-wave)	30 A
$I_{FSM}$ (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
$V_F$	1.1 V
$I_R$	5.0 $\mu$ A
$T_J$ max.	150 °C

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

**Note**

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

**MECHANICAL DATA**

**Case:** DO-204AL, molded epoxy body

Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating

Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

**Terminals:** Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

**Polarity:** Color band denotes cathode end

MAXIMUM RATINGS (T <sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	V <sub>RRM</sub>	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	V <sub>RMS</sub>	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	V <sub>DC</sub>	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at T <sub>A</sub> = 75 °C	I <sub>F(AV)</sub>	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	I <sub>FSM</sub>	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform T <sub>A</sub> = 25 °C (fig. 3)	t <sub>p</sub> = 1 ms	45							A
	t <sub>p</sub> = 2 ms	35							
	t <sub>p</sub> = 5 ms	30							
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length T <sub>L</sub> = 75 °C	I <sub>R(AV)</sub>	30							μA
Rating for fusing (t < 8.3 ms)	P <sub>t</sub> (1)	3.7							A <sup>2</sup> s
Operating junction and storage temperature range	T <sub>J</sub> , T <sub>STG</sub>	- 50 to + 150							°C

**Note**

- (1) For device using on bridge rectifier application

## LAMPIRAN F

### TLP250

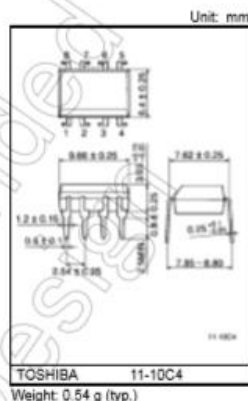
Industrial Inverter  
Inverter For Air Conditioner  
IGBT Gate Drive  
Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.

This unit is 8-lead DIP package.

TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

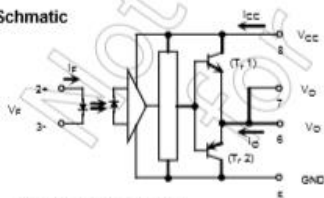
- Input threshold current: 5mA(max)
- Supply current : 11mA(max)
- Supply voltage : 10-35V
- Output current :  $\pm 1.5$ A (max)
- Switching time  $t_{pLH}/t_{pHL}$ : 0.5 $\mu$ s(max)
- Isolation voltage: 2500V/ms(min)
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- c-UL approved : CSA Component Acceptance Service  
No. 5A, File No.E67349
- Option(D4)  
VDE Approved : EN60747-5- 5  
**Note: When a EN60747-5-5 approved type is needed,  
Please designate "Option(D4)"**



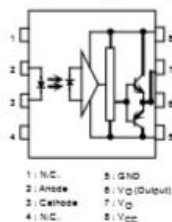
#### Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

#### Schematic



#### Pin Configuration (top view)



## Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit
LED	Forward current	$I_F$	20	mA
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.36	mA / °C
	Peak transient forward current (Note 1)	$I_{FPT}$	1	A
	Reverse voltage	$V_R$	5	V
	Diode power dissipation	$P_D$	40	mW
	Diode power dissipation derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta P_D / ^\circ C$	-0.72	mW / °C
Detector	Junction temperature	$T_J$	125	°C
	"H" peak output current ( $P_{VY} \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$ ) (Note 2)	$I_{OPH}$	-1.5	A
	"L" peak output current ( $P_{VY} \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$ ) (Note 2)	$I_{OPL}$	+1.5	A
	Output voltage	$V_O$	35	V
			24	
	Supply voltage	$V_{CC}$	35	V
			24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C
	Power dissipation	$P_C$	800	mW
	Power dissipation derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta P_C / ^\circ C$	-14.5	mW / °C
	Junction temperature	$T_J$	125	°C
Operating frequency (Note 3)		$f$	25	kHz
Operating temperature range		$T_{opr}$	-20 to 85	°C
Storage temperature range		$T_{stg}$	-55 to 125	°C
Lead soldering temperature (10 s)		$T_{sol}$	260	°C
Isolation voltage (AC, 60 s., R.H. ≤ 60%) (Note 4)		$BV_s$	2500	Vrms

Note: Using continuously under heavy loads (e.g. the application of high temperature/current/voltage and the significant change in temperature, etc.) may cause this product to decrease in the reliability significantly even if the operating conditions (i.e. operating temperature/current/voltage, etc.) are within the absolute maximum ratings.

Please design the appropriate reliability upon reviewing the Toshiba Semiconductor Reliability Handbook ("Handling Precautions"/"Derating Concept and Methods") and individual reliability data (i.e. reliability test report and estimated failure rate, etc.).

# LAMPIRAN G

NXP Semiconductors

Product data sheet

## High-speed diodes

1N4148; 1N4448

### FEATURES

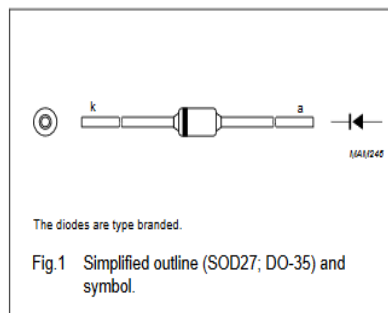
- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA

### APPLICATIONS

- High-speed switching.

### DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.



### MARKING

TYPE NUMBER	MARKING CODE
1N4148	1N4148PH or 4148PH
1N4448	1N4448

### ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
1N4148	-	hermetically sealed glass package; axial leaded; 2 leads	SOD27
1N4448			

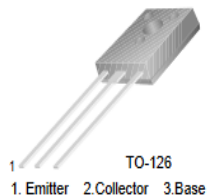
## LAMPIRAN H



### BD135/137/139

#### Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



#### NPN Epitaxial Silicon Transistor

##### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	1.5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	3.0	A
$I_B$	Base Current	0.5	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	12.5	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_B=25^\circ\text{C}$ )	1.25	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

BD135/137/139



### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : BD135 : BD137 : BD139	45	V
		60	V
		80	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : BD135 : BD137 : BD139	45	V
		60	V
		80	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	1.5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	3.0	A
$I_B$	Base Current	0.5	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^{\circ}\text{C}$ )	12.5	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^{\circ}\text{C}$ )	1.25	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^{\circ}\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 55 ~ 150	$^{\circ}\text{C}$

### Electrical Characteristics $T_C=25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage : BD135 : BD137 : BD139	$I_C = 30\text{mA}$ , $I_B = 0$	45			V
			60			V
			80			V
						V
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 30\text{V}$ , $I_E = 0$			0.1	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}$ , $I_C = 0$			10	$\mu\text{A}$
$h_{FE1}$	DC Current Gain : ALL DEVICE : ALL DEVICE : BD135 : BD137, BD139	$V_{CE} = 2\text{V}$ , $I_C = 5\text{mA}$	25			
$h_{FE2}$		$V_{CE} = 2\text{V}$ , $I_C = 0.5\text{A}$	25			
$h_{FE3}$		$V_{CE} = 2\text{V}$ , $I_C = 150\text{mA}$	40		250	
$h_{FE3}$			40		160	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 500\text{mA}$ , $I_B = 50\text{mA}$			0.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ , $I_C = 0.5\text{A}$			1	V

### $h_{FE}$ Classification

Classification	6	10	16
$h_{FE3}$	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

## LAMPIRAN I



March 2015

### BD136 / BD138 / BD140 PNP Epitaxial Silicon Transistor

#### Features

- Complement to BD135, BD137 and BD139 respectively

#### Applications

- Medium Power Linear and Switching



#### Ordering Information

Part Number	Marking	Package	Packing Method
BD13610S	BD136-10	TO-18 3L	Bulk
BD13610STU	BD136-10	TO-18 3L	Rail
BD13616S	BD136-16	TO-18 3L	Bulk
BD13616STU	BD136-16	TO-18 3L	Rail
BD13810STU	BD138-10	TO-18 3L	Rail
BD13816STU	BD138-16	TO-18 3L	Rail
BD14010STU	BD140-10	TO-18 3L	Rail
BD14016S	BD140-16	TO-18 3L	Bulk
BD14016STU	BD140-16	TO-18 3L	Rail

## Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Value	Unit
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage	BD136	-45	V
		BD138	-80	
		BD140	-80	
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage	BD136	-45	V
		BD138	-80	
		BD140	-80	
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage		-5	V
$I_C$	Collector Current (DC)		-1.5	A
$I_C$	Collector Current (Pulse)		-3.0	A
$I_B$	Base Current		-0.5	A
$P_C$	Collector Dissipation	$T_C = 25^\circ\text{C}$	12.5	W
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.25	
$T_J$	Junction Temperature		150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature		-55 to +150	$^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics

Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{CE0(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage <sup>(1)</sup>	BD136	-45			V
		BD138	-80			
		BD140	-80			
$I_{CBO}$	Collector Cut-Off Current	$V_{CB} = -30\text{ V}, I_E = 0$			-0.1	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-Off Current	$V_{EB} = -5\text{ V}, I_C = 0$			-10	$\mu\text{A}$
$h_{FE1}$	DC Current Gain <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -5\text{ mA}$	25			
$h_{FE2}$	DC Current Gain <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -0.5\text{ A}$	25			
$h_{FE3}$	DC Current Gain <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -150\text{ mA}$	40		250	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage <sup>(1)</sup>	$I_C = -500\text{ mA}, I_B = -50\text{ mA}$			-0.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage <sup>(1)</sup>	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -0.5\text{ A}$			-1	V

### Note:

1. Pulse test: pulse width = 350  $\mu\text{s}$ , duty cycle = 2.0% pulsed.

## BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama Nur Fadila Supi'i dilahirkan di Kediri pada tanggal 5 Juli 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Imam Supi'i dan Ibu Mujiasih. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di TK Kusuma Mulia Badal, SDN Badal II, SMPN 1 Ngadiluwih, dan MAN 3 Kediri. Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, tepatnya di Departemen Teknologi Instrumentasi, Fakultas Vokasi di tahun 2015 dan terdaftar dengan

NRP 10 51 15 000 00 028. Pada tahun 2017, Penulis melakukan kerja praktek di PT. GEO DIPA DIENG, Jawa Tengah.

Di Departemen Teknik Instrumentasi ini penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan seperti di BEM Fakultas Teknologi Industri (FTI) #Totalitas Berdedikasi, dimana pada tahun pertama dan tahun kedua Teknik Instrumentasi masih menjadi satu dengan Departemen Teknik Fisika, FTI sebagai Staff Komunikasi dan Informasi periode 2016/2017, panita event jurusan (Engineering Physics Week 8th) sebagai Ketua Kordinator EPW on Talk (acara closing di EPW 8th) dan di Himpunan Mahasiswa Teknik Instrumentasi (HIMATEKINS) FV ITS sebagai Sekretaris Bagian Keuangan periode 2017/2018. Pada laporan ini, penulis telah melaksanakan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Buck Converter DC-DC 320 V – 30 V”, Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi Departemen Teknik Instrumentasi FV ITS.

Selesainya Tugas Akhir ini diajukan penulis untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Ahli Madya di Departemen Teknik Instrumentasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Bagi para pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui kontak yang tertera.

[supiinurfadila@gmail.com](mailto:supiinurfadila@gmail.com)